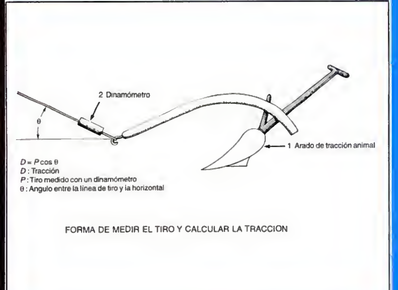
ISSN 1014-4226

Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas

BOLETIN DE SERVICIOS AGRICOLAS DE LA FAO

110



FORMA DE MEDIR EL TIRO Y CALCULAR LA TRACCION

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación



Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas

por
D.W. Smith
B.G. Sims
D.H. O'Neil

BOLETIN DE SERVICIOS AGRICOLAS DE LA FAO

110



Roma, 1994

M-05
ISBN 92-5-303458-0

PROLOGO

La prueba formal de maquinaria agrícola fue fomentada durante la revolución industrial al cambio de siglo, pero fue solamente con la adopción amplia de equipos accionados por motores que se comenzó a probar para hacer una contribución seria y valiosa a los fabricantes y usuarios de maquinaria agricola. La prueba, en la cual se determinan los parámetros ingenieriles de la máquina, ha recibido sin duda la mayor atención. La evaluación de máquinas, en la cual se determinan sus características de manejo y desempeño, su impacto económico, como también sus parámetros ingenieriles, llegó en una etapa posterior de desarrollo, a pesar de los mayores beneficios potenciales que estas actividades pueden entregar al usuario y al fabricante. No existe una terminología universal que pueda usarse para distinguir las actividades de prueba y evaluación.

Dados los malos entendidos asociados a la prueba y evaluación de maquinaria agrícola, FAO decidió que su Panel de Expertos en Ingeniería Agrícola, discutiera este tópico en su Undécima Sesión en Octubre de 1992. Una de las recomendaciones del Panel fue la preparación de dos Boletines del AGS: uno dirigido a las estaciones de prueba y evaluación, y otro dirigido a los gobiernos, planificadores, empresarios y administradores de centros de prueba y evaluación. Este Boletín es el primero de los dos.

Este Boletín ha sido producido por la División de Ultramar del Instituto de Investigación de Silsoe, Reino Unido, bajo un contrato con FAO.

Adrianus G. Rijk
Jefe
Servicio de Ingeniería Agrícola de la FAO

AGRADECIMIENTOS

Este Manual es el fruto de una empresa iniciada en 1990 con la preparación y realización de un curso práctico sobre evaluación de maquinaria para los científicos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México. Desde 1990 el material ha sido desarrollado aún más a través de talleres prácticos similares en Cuba, Honduras y Chile. La ayuda financiera de la Administración del Desarrollo de Ultramar del Gobierno del Reino Unido y el Consejo Británico, permitió realizar estos talleres y es reconocida con agradecimientos.

La versión penúltima de los Procedimientos de Prueba, presentados en la segunda parte del Manual, fue preparada para la Undécima Sesión del Panel FAO de Expertos en Ingeniería Agrícola que se reunió en Roma, en Octubre de 1992. En aquella reunión se recomendó que los Procedimientos fuesen editados y suplementados y se incluyeran pautas prácticas. Esta recomendación fue adoptada por FAO y resultó en el presente documento.

Muchos colegas han recibido borradores y han hecho comentarios valiosos que han ampliado nuestro entendimiento del proyecto. Entre ellos, quisiéramos singularizar a algunos para darles nuestros agradecimientos especiales:

Frank Inns; Ulrich Viebig; Derek Sutton; Jim Ellis-Jones; Steve Twomlow; Graeme Rainbird; Adrianus Rijk; Terry Lester.

Tenemos una deuda especial con Sue Robinson, que batalló con manuscritos y digitó muchos borradores del texto final. También reconocemos los esfuerzos alegres y constructivos de Rosemary Briars; María Knaggs; Bob Wardell y Roger Cove del Departamento de Gráficos del Instituto de Investigación de Silsoe, quienes produjeron las ilustraciones.

A pesar de las contribuciones de todos aquellos que han colaborado, los puntos de vista contenidos en el Manual son aquellos de los autores; así mismo, somos responsables de todas las omisiones y errores.

Noviembre 1993
División de Ultramar
Instituto de Investigación de Silsoe

CONTENIDOS

PRINCIPIOS Y PRACTICAS DE PRUEBA Y EVALUACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS AGRICOLAS

SECCION A: PRINCIPIOS Y PRACTICAS

1 INTRODUCCION

La mecanización agrícola es un componente de la ingeniería agrícola que puede describirse como la aplicación de todos los aspectos de la tecnología ingenieril al desarrollo agrícola y rural. En muchos países industrializados los frutos de la investigación en ciencias agrícolas han posibilitado que la producción agrícola exceda los requerimientos nacionales de alimentos, y avances complementarios en ingeniería agrícola (especialmente mecanización agrícola) han ayudado a hacer que la aplicación de estos frutos sea una realidad técnica.

La situación en demasiados países en desarrollo es todo lo contrario. Millones de agricultores empobrecidos trabajan cerca del nivel de subsistencia y no tienen acceso a los mejoramientos técnicos que les permitirían aumentar la productividad de la tierra y de la mano de obra y aumentar los ingresos netos de la granja.

En las últimas décadas se han hecho considerables esfuerzos por varios grupos de investigadores nacionales e internacionales sobre el diseño y desarrollo de equipos "mejorados" para granjas de tamaño pequeño y mediano. Desafortunadamente, la adopción por los granjeros, y por lo tanto el impacto sobre los estándares de vida, ha estado muy por debajo de lo esperado. Los numerosos equipos "mejorados": arados; porta herramientas; equipos accionados por pedales, vapor, biogas, viento, energía solar o animales; secadores; desgranadoras y trilladoras; bombas y muchos más, como también los proyectos de "tractorización", ya sea con tractores convencionales o modelos pequeños especialmente diseñados, han fallado, en muchos casos a pesar de un impecable programa de desarrollo técnico de la tecnología.

Una innovación en mecanización agrícola solamente será aceptada por los granjeros si entrega una solución que él buscaba activamente, a un problema agudamente sentido por la familia granjera. Esto significa que debe ser compatible con el sistema de la granja y las necesidades de la familia considerando los factores técnicos, sociales y económicos.

Reconociendo este complejo de factores, el blanco de este manual es enfocar los procedimientos que han sido desarrollados para probar y evaluar maquinaria agrícola, y a los criterios para probar tecnología orientada al pequeño agricultor.

Un mejoramiento en la calidad de los procedimientos de evaluación de equipos en programas de prueba nacionales o regionales será beneficioso para varios grupos. Estos pueden incluir a los siguientes:

- fabricantes locales de equipos agrícolas.
- extensionistas en proyectos de desarrollo rural.
- ejecutivos de bancos de crédito que extienden líneas de crédito a pequeños productores.
- planificadores y ejecutores de los sectores agrícola e industrial.

Además, el ingrediente fundamental de la disciplina en evaluación científica desarrolla una aptitud para observación y medición precisa, aspectos importantes del entrenamiento de los ingenieros agrícolas.

PRUEBA Y EVALUACION

El término "prueba" es normalmente usado en conexión con un análisis del comportamiento de una máquina comparado con estándares bien definidos bajo condiciones ideales y repetibles (Johnson, 1985).

En contraste, "evaluación" es la medición del rendimiento de la máquina bajo las condiciones reales de la granja. Por ejemplo: el comportamiento de un arado en suelos de diferentes texturas y contenidos de humedad y un rango de cubiertas vegetales (v.g. malezas, rastrojo, pasto).

Prueba

Los procedimientos y estándares de prueba para tractores agrícolas han sido establecidos en varios países industrializados por muchos años. La coincidencia eventual de los procedimientos de prueba Norte Americanos (ASAE, 1980) y Europeos (OECD, 1970) y la adopción universal del código de la Organización Internacional de Estándares (ISO, 1983) significará una estandarización internacional y evitará la necesidad de realizar prueba de tractores en más de un país.

Las pruebas oficiales de tractores están diseñadas para entregar información confiable y repetible; ellas no incluyen pruebas bajo condiciones agrícolas ya que serían imposibles de reproducir con precisión. Consecuentemente, las pruebas oficiales solo cubren la medición de parámetros que no son afectados por las condiciones del terreno, por ejemplo:

- especificaciones completas del tractor
- potencia del motor y consumo de combustible
- potencia y capacidad del sistema hidráulico
- área y círculo de giro
- centro de gravedad
- niveles de ruido
- potencia de la barra de tiro
- desempeño del freno
- resistencia de las estructuras protectoras (cabinas de seguridad).

Con el propósito de permitir la comparación de resultados obtenidos en diferentes sitios de prueba, la potencia a la barra de tiro es medida en una pista especial de concreto. Las fuerzas de tiro obtenidas son, por lo tanto, mucho mayores que aquellas que se pueden esperar bajo condiciones normales del campo.

Además de los procedimientos de prueba de desempeño de los tractores, varios países han definido estándares para un amplio rango de aspectos técnicos de especificaciones (materiales, dimensiones y geometría) para tractores e implementos agrícolas (v.g. Sociedad de Ingenieros Automotrices en E.E.U.U. y Estándares Británicos en el Reino Unido). La adhesión a estos estándares (v.g. altura barra de tiro y geometría de enganche de tres puntos) permite la compatibilidad de partes y uniones comunes. Existe una fuerte tendencia hacia una homogeneidad mundial con la publicación de los estándares ISO para tractor y especificaciones de componentes de la maquinaria agrícola (ISO, 1983).

Evaluación

El propósito de obtener información con las pruebas es comparar un aparato o máquina con el requerimiento que se esperaba satisfacer (Crossley y Kilgour, 1983). En el interés de la comparabilidad este propósito puede perderse y las pruebas pueden no ser tan útiles para los usuarios como otros métodos de evaluación. Como ha sido discutido, las pruebas realizadas bajo condiciones ideales pueden ser irrelevantes para situaciones agrícolas (v.g. fuerza de tiro a la barra de un tractor sobre pista de concreto).

Aun cuando la prueba de tractores puede, potencialmente, ser uniforme internacionalmente, los diferentes ambientes de trabajo y niveles de sofisticación de los implementos agrícolas significa que es difícil producir procedimientos de prueba estándares para el nivel internacional. Con algunas excepciones (v.g. distribuidor de fertilizantes; sembradoras de patatas; cosechadoras de uva - ISO, 1983) muy poco se ha logrado.

Organizaciones Nacionales (especialmente el Instituto Nacional Británico de Ingeniería Agrícola - NIAE -antes de 1969, y el Instituto Canadiense de Maquinaria Agrícola de la Pradera - PAMI, entre otros) han producido códigos de pruebas adaptados a sus condiciones locales. Los procedimientos relativamente sofisticados de los países industrializados normalmente requieren equipos e instrumentos caros y son a menudo inapropiados para los centros de pruebas de los países en desarrollo.

Como respuesta, muchos países y regiones en desarrollo han desarrollado sus propios códigos de prueba de maquinaria agrícola. Ejemplos notable son: India, Africa Oriental (Secretariado de la Comunidad, 1981 y 1982) y Asia (RNAM, 1983), los cuales requieren equipo de prueba menos sofisticado.

En la práctica, todos los procedimientos de valoración del equipo agrícola incluyen una sección realizada bajo condiciones controladas y repetibles (pruebas); y una sección de evaluaciones de campo. En el resto de este manual el término "procedimiento de prueba" incluye ambos tipos de valoraciones.

Categorías de Pruebas

El tipo de procedimiento de prueba seleccionado como apropiado estará influenciado por:

- etapa de desarrollo del equipo a probar
- los beneficiarios potenciales del informe de prueba

a) La Etapa de Desarrollo

Ya sea que la prueba es requerida en la etapa de diseño, desarrollo del prototipo o fabricación, ellas afectarán el tipo de procedimiento que debe ser aplicado.

En la etapa de diseño, aún antes que se hagan los planos ingenieriles, es muy importante justificar la innovación propuesta. El procedimiento incluye la identificación y cuantificación de la necesidad de la innovación en términos técnicos, sociales y económicos. Cualquier efecto negativo (v.g. demanda de mano de obra o necesidad de nuevos insumos o procesos) debe ser incluido en el análisis.

La etapa de desarrollo del prototipo incluirá pruebas prácticas de los prototipos y sus componentes, mecanismos y procesos, en condiciones de laboratorio y de campo. El propósito es verificar si el prototipo funciona como se esperaba en forma efectiva, económica y segura. Casi siempre este proceso resulta en modificaciones que a su vez también deben ser probadas.

La prueba y evaluación en la etapa de fabricación tienen por objeto medir la calidad del producto, su durabilidad y eficiencia. Ellas también permiten comparaciones de diferentes modelos y marcas de la máquina. En esta etapa se puede incluir encuestas de experiencias de los usuarios las cuales entregarán información adicional sobre la confiabilidad, durabilidad y las causas más comunes de averías. Esta información es generalmente muy valiosa para propósitos de extensión.

Frecuentemente en países en desarrollo industrial, la calidad de la fabricación no es siempre uniforme entre los fabricantes. Las pruebas de series, en las cuales varias marcas de un tipo de máquina son probadas bajo condiciones similares, permiten seleccionar la máquina más apropiada de las alternativas disponibles. Mathews (1969) describe las ventajas de las pruebas de series en India donde ellas sirvieron como el primer paso en la mejoramiento de la "raza" de un tipo de máquina. Se identificó fácilmente áreas de investigación y fue posible fijar la atención de los fabricantes en aquellos aspectos mediocres del equipo que podían mejorarse.

b) Los Beneficiarios Potenciales

Solo se puede seleccionar un procedimiento de prueba apropiado si el uso de la información a producir está bien definido. Hay un rango de posibilidades:

Los informes de prueba pueden ayudar, a los usuarios potenciales de una máquina, a comparar el desempeño de alternativas y seleccionar el modelo más apropiado a sus necesidades (Stevens,1982). No obstante, como señala Johnson (1985), en la mayoría de los países donde existe esta información, ella genera muy poco interés. El factor más importante para un usuario potencial es la reputación del fabricante o distribuidor.

La información de las pruebas puede ser usada para controlar las importaciones de tractores e implementos para asegurar la calidad y servicios al usuario. Uno de los primeros ejemplos fueron la pruebas de tractores de Nebraska (Barger *et al.*, 1963). Desde 1920 ha sido un requerimiento legal del Estado que todo tractor que se venda en Nebraska debe tener un ejemplar oficialmente probado y con repuestos disponibles.

La meta fundamental de las pruebas OECD ha sido proveer información confiable a los gobiernos y usuarios en todos los países miembros para reducir las barreras al comercio internacional (Manby and Matthews, 1973). Los mismos autores mencionan una serie de propósitos secundarios y destacan la importancia de presentar la información en una forma educacional que permita a extensionistas y estudiantes entender la importancia de los aspectos de diseño de los tractores e implementos.

Uno de los motivos frecuentemente presentados por los gobiernos de países en desarrollo para justificar un programa nacional de pruebas es proteger la economía contra el mal uso de las divisas extranjeras. Se mantiene que, a través de un programa de pruebas, solo maquinaria apropiada a las condiciones del país estará disponible para los agricultores. Esta estrategia ha probado frecuentemente ser impracticable ya que los fabricantes cambian a menudo las especificaciones en el desarrollo normal del producto y no les es posible entregar maquinaria con las especificaciones de "como probado" (Johnson, 1985). Sin embargo, la evaluación para valorar la adaptabilidad de una máquina a las condiciones locales es potencialmente beneficiosa para el usuario y la economía nacional, siempre y cuando se puedan incorporar las modificaciones antes de una diseminación amplia de las máquinas.

Las pruebas de seguridad e impacto ambiental han aumentado grandemente en importancia. Algunos aspectos de una máquina que afectan la salud y confort del usuario, o que puedan contribuir a la degradación ambiental, pueden ser medidos objetivamente (Matthews, 1977). Ejemplos son: - prueba de la cabina protectora; vibración al operador; ruido; humo y gases tóxicos (ISO, 1983).

Pruebas confidenciales e imparciales pueden ser de beneficio para los fabricantes en el desarrollo del producto. Un centro de pruebas puede tener la inversión de capital y personal para realizar pruebas más baratas que las realizadas por fabricantes individuales.

ESFERA DE ACCION DEL MANUAL

El objeto de este manual es entregar una guía de los aspectos de desempeño de una máquina que pueda ser evaluado y los procedimientos dados en la Sección B presentan esta información para un rango de equipos.

El objeto no es ofrecer procedimientos de prueba inflexibles; todo lo contrario. Mientras que los procedimientos incluyen muchas de las características que podrían ser probadas, se enfatiza que el usuario de la información de la prueba debe seleccionar para la prueba solo aquellos aspectos del procedimiento que sean de interés particular y que entregarán información usable.

En muchas situaciones, es improbable tener acceso a un rango amplio de facilidades de prueba y el personal puede no siempre tener la profundidad de experiencia requerida para interpretar totalmente los procedimientos dados. Por lo tanto, el manual también entrega pautas (en la Sección A) sobre como aplicarlos en la práctica.

En algunos casos (por ejemplo: velocidad del motor y torque; nivel de presión de sonido; fuerza de tiro del implemento), algunos instrumentos son necesarios y en estos casos la aplicación correcta del equipo disponible es descrita junto a fuentes de abastecimiento. En otros casos donde los principios son claramente comprendidos será posible diseñar equipo adecuado con recursos disponibles frecuentemente sin perjudicar la calidad de la información reunida. Ejemplos podrían ser: "Perfilómetros" ("Paternadores") para valorar la distribución de pulverizadores; medición del consumo de combustible del motor; valoración de las propiedades del suelo.

Dos tópicos no tratados con detalle en la Sección B son la evaluación ergonómica y económica del equipo agrícola. Las temas son desarrollados en la Sección A en una extensión tal que se cubren en general los principios utilizados para las valoraciones respectivas. Se apreciará que cada tópico amerita un manual completo; el propósito aquí es enfatizar la necesidad de una valoración completa del equipo agrícola desde el punto de vista técnico, ergonómico y económico y no fomentar la noción de que una máquina solo necesita ser técnicamente eficiente y efectiva para que sea aceptable a los adoptadores potenciales.

USUARIOS POTENCIALES

Se espera que los usuarios potenciales de este manual sean aquellos relacionados con la evaluación de maquinaria usada en las granjas más pequeñas. La evaluación de maquinaria agrícola puede ser apropiada en cualquier etapa de su proceso de desarrollo, de primer prototipo a producción de lotes y series. Consecuentemente los usuarios del manual serán diseñadores y desarrolladores de máquinas, ingenieros de prueba, produciendo información técnica para propósitos de decisiones comparativas; personal de entrenamiento técnico de nivel universitario, y estudiantes.

2 MEDICIONES

Una parte esencial de todo procedimiento de evaluación mecánica de un equipo agrícola es la medición de parámetros que determinarán las características de desempeño. El nivel de exactitud de las mediciones dependerá del procedimiento particular usado y la sofisticación del equipo de medición disponible. Por ejemplo, es generalmente verdadero que mientras más pequeña sea la medición por hacer, mayor será la exactitud requerida del equipo de medición (v.g. largo de una semilla comparada con el largo de una parcela de campo).

Para comparar los resultados de pruebas a modelos y tipos similares de máquinas, es útil tener los datos presentados en unidades consistentes. El uso del Sistema Internacional (SI) de unidades es ahora universalmente aceptado y es usado a lo largo de los procedimientos de prueba de la Sección B. Sin embargo, a menudo se usan otras unidades y en este caso ellas han sido incorporadas en los procedimientos de prueba. El Anexo 3 entrega tablas de factores de conversión de unidades SI.

En muchos casos, los parámetros deseados están expresados en unidades básicas, sin embargo, otras unidades son derivadas de éstas. Los párrafos siguientes entregan detalles de las unidades básicas usadas y aquellas que son derivadas.

Los múltiplos y sub-múltiplos más útiles de las unidades de medición están formadas por los siguientes prefijos.

Factores por los cuales la unidad es multiplicada	Prefijo	Símbolo
1000 000	mega	M
1 000	kilo	k
100	hecto	h
10	deca	da
0.1	deci	d
0.01	centi	c
0.001	mili	m

2.1 Mediciones básicas

2.1.1 Tiempo

Los periodos cortos de tiempo son medidos en segundos (s) y son generalmente usados con otras funciones tales como revoluciones, distancia, volumen e impulsos. Los cronómetros calibrados mecánicamente tienen la exactitud requerida para esta función, sin embargo, los relojes electrónicos de quarzo son generalmente baratos, muy exactos sobre el largo tiempo y pueden ser incorporados en otros instrumentos de medición multifuncional.

Para períodos de tiempo más largos como cuando se realizan pruebas de campo, ensayos de durabilidad y en los campos de los agricultores, los tiempos se miden en horas (h). Si las pruebas no están bajo supervisión constante, debe usarse algún tipo de registrador horario. Existen versiones electrónicas disponibles para incorporarlas a motores y tractores, usando la electricidad del circuito de carga de la batería.

Para uso general, un registrador que opera con la vibración es quizás el más útil. Además de un contador horario, un mecanismo graficador puede añadirse a la unidad, con lo cual entrega información previa de la operación de la máquina sobre largos periodos (Fig 2.1)

Figura 2.1 Registrador de tiempo tipo vibración incorporado a un pulverizador operado manualmente

2.1.2 Masa

La unidad básica de medición de masa es el gramo (g) el cual es usado generalmente para muestras de prueba de granos, semillas, suelos y fertilizante, etc. El pesaje de estas muestras se hace usualmente en el laboratorio donde existen balanzas muy exactas (Fig 2.2). Puede usarse en el campo balanzas del tipo con resortes si se puede tolerar bajos niveles de exactitud. Donde se requiere pesar mayores cantidades de material o máquinas, se usa la unidad múltiplo del gramo, el kilógramo (kg) que es la unidad SI. Para pesar materiales a granel como semilla, fertilizante o granos, puede usarse balanzas de resortes, celdas de carga electrónicas o balanzas de plataforma portátiles. Se requerirán plataformas de pesaje fijas para tractores y maquinaria de campo. Hay disponibles celdas de carga electrónicas portátiles para ruedas o ejes y ellas son útiles cuando se prueban máquinas o carros en terreno.

2.1.3 Dimensiones

El metro (m) o sus múltiplos son las unidades básicas usadas para mediciones dimensionales. Reglas y calibradores graduados en milímetros (mm) y centímetros (cm) son usados para medir con exactitud los detalles de una máquina, rangos de ajustes y materiales (Fig 2.3). Mediciones en terreno de ancho de trabajo y profundidad de implementos de labranza pueden realizarse con exactitud usando una regla graduada especial (Fig 2.4), las distancias recorridas son marcadas con estacas y medidas con cintas apropiadas. La ubicación de marcadores para medir velocidad de trabajo y para definir áreas de trabajo es también realizada usando cintas para medir. También es posible obtener suficiente exactitud en el campo, usando marcadores de pasos.



Figura 2.2 Balanza de laboratorio para el pesaje exacto de muestras

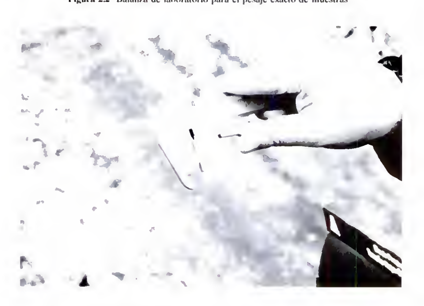
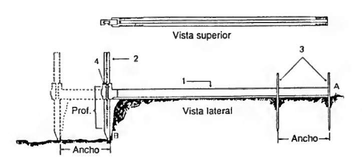


Figura 2.3 Uso de calibradores para medir las dimensiones de la semilla



1. Escala graduada para el ancho
2. Escala graduada para la profundidad
3. Pasadores para medir anchura
4. Linea base para leer profundidad

Figura 2.4 Regla graduada para medir ancho y profundidad del surco.
Fuente: RNAM, 1983

El marcador (Fig 2.5) hecho de madera o tubo liviano, tiene un metro entre sus puntas y es girado mientras se camina de tal manera que es posible marcar rápidamente los metros de distancia.

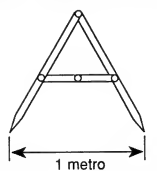


Figura 2.5 Marcador de pasos para medir tamaño de parcela
Fuente: Crossley y Kilgour, 1983

2.1.4 Revoluciones

La medición del número de revoluciones es simplemente un procedimiento de conteo. El número de revoluciones de ruedas de tierra en tractores y máquinas en estructuras de prueba y en el campo y pedales y manivelas de máquinas, como trilladoras pequeñas, molinos y bomba de agua, puede ser contado con el ojo. Para ejes que giran a alta velocidad se requiere un aparato contador. Donde el extremo del eje es accesible se puede poner un contador mecánico, eléctrico o electrónico movido directamente por el eje. Sin embargo, si el eje tiene conexiones en ambos extremos se puede usar un contador electrónico que emite una luz y un sensor trabajando desde una cinta reflectora pegado a la parte rotatoria. Algunos aparatos para medir torque de ejes tienen contadores de revoluciones integral que permiten obtener lecturas de potencia directamente.

2.1.5 Temperatura

La medición de temperaturas puede también requerir equipo que cubre un amplio rango, desde valores de aire ambiental a aquellos de gases de escape de motores de combustión interna. La unidad SI de temperatura es el Kelvin (K), el grado Celsius (°C) es también reconocido para uso en conjunto con el SI y tiene el mismo valor de referencia y valor que el Kelvin. El equipo de medición está usualmente graduado en grados Celsius.

Los termómetros de Mercurio - en vidrio - son adecuados para medir temperaturas ambientales y de combustibles, sin embargo, el tipo termocupla tiene un gran rango de temperatura y está disponible comercialmente siendo usado ampliamente. El aparato eléctrico puede ser construido como una unidad manual (Fig 2.6) o acoplado a equipo adicional de monitoreo y registro.



Figura 2.6 Termómetro eléctrico manual

2.1.6 Eléctrico

Durante las pruebas de máquinas que tienen equipo eléctrico, es necesario a menudo medir las unidades de potencial eléctrico (volt), corriente (ampere) y resistencia (ohm).

Existen instrumentos comerciales estándar con medidores que cubren los rangos adecuadamente y con unidades apropiadas para corriente directa (DC) y alterna (AC). Se recomienda que solo personas con experiencia hagan mediciones en equipos eléctricos.

2.2 Mediciones Derivadas

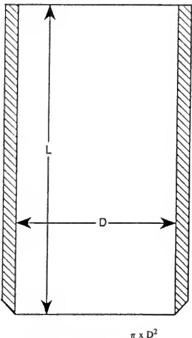
2.2.1 Area

El metro cuadrado (m^2) es la unidad recomendada para el área y es usado en el cálculo del tamaño de parcelas. La medición se hace con cintas calibradas o marcadores de pasos como en la Sección 2.1.3. Areas de terreno más grandes son normalmente expresadas en hectáreas (ha) igual a 10 000 m^2. Múltiplos menores como el centímetro cuadrado (cm^2) son usados en áreas de muestreo de parcelas tales como recolección de paja en pruebas de combinadas o en áreas con malezas en trabajo de cultivo. Los tamaños de componentes pequeños como bombas de pistones son expresados en milímetros cuadrados (mm^2).

2.2.2 Volumen

La unidad estándar de volumen es el metro cúbico (m^3) con múltiplos menores de centímetro cúbico (cm^3) y milímetro cúbico (mm^3). Sin embargo, el litro (l) con un valor de 1000 cm^3, esta todavia en uso común para especificar el volumen de liquidos y material granular (v.g. capacidad de la tolva).

Se puede fabricar cilindros de volumen conocido con tubos de acero de varios tamaños para muestrear suelos en terreno (Fig 2.7). Cuando se verifican las especificaciones se puede calcular el volumen de estanques y contenedores en máquinas como pulverizadores, sembradoras y distribuidores a partir de las dimensiones internas o por rellenado con cantidades medidas. Durante las pruebas de desempeño, la salida total o la distribución de las boquillas pulverizadoras es medida usando cilindros calibrados, ya sea unitarios (Fig 2.8) o en hileras tal como en el perfilómetro descrito en la Sección 4.6.4. Volúmenes más grandes pueden ser medidos usando cubos o estanques previamente calibrados.



$$\text{Volumen del cilindro} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L$$

Figura 2.7 Construcción de un cilindro de acero para determinar la densidad del suelo

La medición del combustible consumido por unidades de potencia o tractores durante períodos de trabajo en el campo puede obtenerse midiendo el volumen de combustible requerido para llenar el estanque después de cada período de trabajo. El uso de aparatos más sofisticados para medir combustible es discutido en la Sección 2.2.9 (Tasa de flujo).



Figura 2.8 Medición del gasto de una boquilla pulverizadora con un cilindro graduado

2.2.3 Fuerza

La unidad SI de fuerza es el newton (N), el cual es definido como la fuerza que, aplicada a un cuerpo de 1 kg de masa, entrega una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado (kgm/s^2). El kilogramo fuerza (kgf) es la fuerza que, aplicada a un cuerpo cuya masa es 1 kg, le da la aceleración estándar debido a la gravedad ($9.8067 m/s^2$). Por lo tanto, 1 kgf = $9.8067 \ kgm/s^2$ = 9.8067 N. Puede verse, por lo tanto, que es posible calcular fuerzas de resultados obtenidos usando el mismo equipo que para medir masa (Sección 2.1.2)

Se puede usar balanzas del tipo resortes para medir fuerzas en herramientas manuales o implementos livianos arrastrados manualmente o por animales. Sin embargo, bajo condiciones de campo por la falta de efecto amortiguador, puede ser difícil leer con exactitud.

Las fuerzas de tiro de tractores y máquinas pueden ser considerablemente mayores que la capacidad de estas unidades de pesaje y la Fig. 2.9 muestra una disposición que utiliza un sistema de palancas que podría usarse.

Los dinamómetros hidráulicos que usan indicadores de celdas de presión calibradas (Fig 2.10) están disponibles para medir cargas de tiro pesadas pero han quedado obsoletos por la aparición de las celdas de carga tensiva electrónicas (Fig 2.11). Estas unidades con sus indicadores pueden adquirirse en varios tamaños para medir fuerzas de tiro muy pequeñas en máquinas manuales a fuerzas muy grandes en tractores y otras máquinas. La unidades pueden ser calibradas fácilmente, son portátiles y pueden usar batería para trabajo en terreno. También pueden conectarse a equipos apropiados de registro y análisis. En el caso de máquinas con pértigas de tiro fijas puede ser necesaria una modificación para instalar el aparato medidor. La Fig 2.12 muestra dos ejemplos.

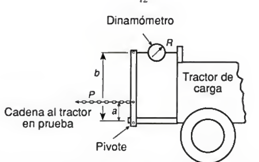


Figura 2.9 Método para aumentar la capacidad del pesaje de una unidad. Tomando momentos alrededor del pivote:

$$P \times a = R \times b$$

$$\therefore \quad P = \frac{R \times b}{a}$$

Fuente: Crossley y Kilgour, 1983



Figura 2.10 Dinamómetro hidráulico

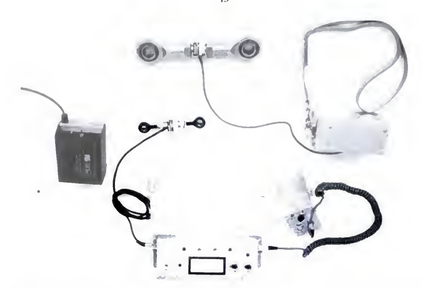


Figura 2.11 Conexiones tensivas de la celda de carga con procesador de señal, batería y generador

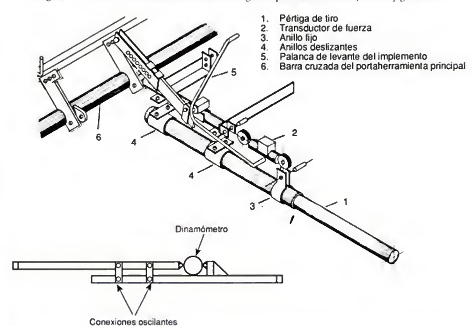


Figura 2.12 Dos métodos para medir la fuerza en implementos con pértiga de tiro rígida. (a) para una barra portaherramientas de tiro animal (Fuente: Sims, 1987) (b) un sistema universal.

2.2.4 Presión

Se requiere hacer mediciones de presión al probar unidades de potencia, tractores, pulverizadores y bombas de agua. Estas cubren un amplio rango y pueden ser positivas u negativas.

Los niveles bajos, como depresiones en el múltiple de admisión del motor y en las cañerías de succión de bombas de agua pueden medirse usando manómetros simples de agua o mercurio. En este caso, se calcula la presión en el sistema usando la diferencia en altura de la columna de liquido.

Los indicadores de presión y vacio son fabricados en varios rangos y graduados con escalas de unidades como bares, kilógramus fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2), Pascales (Pa) y Newtons por metro cuadrado (N/m^2), siendo esta última la unidad SI preferida. Se pueden obtener sistemas electrónicos que usan sensores de presión junto con sus indicadores y equipo de registro.

2.2.5 Velocidad

La unidad SI de velocidad de rotación es el radian por segundo (rad/s), se usa esta unidad para calcular la potencia de máquinas, como motores y tractores. La mediciones de prueba se hacen en revoluciones (2 π radianes) en un tiempo dado, por minuto (rev/min) o por segundo (rev/s).

Contadores y totalizadores mecánicos de revoluciones requieren que se tome el tiempo con un cronómetro. Las unidades eléctricas y electrónicas cuentan automáticamente el número de revoluciones sobre un período de tiempo y los resultados son mostrados y actualizados continuamente (Fig 2.13).



Figura 2.13 Rango de contadores de revoluciones mecánicos y electrónicos.

La unidad de velocidad lineal es el metro por segundo (m/s). Sin embargo, la unidad normalmente usada cuando se presenta la velocidad de desplazamiento de los tractores y máquinas, es el kilómetro por hora (km/h), la cual es calculada.

Un método para medir la velocidad de desplazamiento en ensayos de campo es ubicar estacas a lo ancho de trabajo, digamos a 20 m de distancia formando un rectángulo. Ahora un observador podría mirar a través de las estacas y medir el tiempo que le toma a la máquina recorrer una distancia conocida (Fig 2.14)

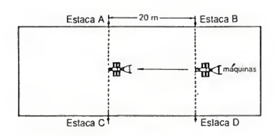


Figura 2.14 Medición de la velocidad de desplazamiento en el campo.
Fuente: RNAM, 1983

Cuando se hacen pruebas a la barra de tiro y se mide el patinaje en el campo, se mide la distancia que recorre un tractor o máquina en un número dado de revoluciones de la rueda. Si se registra también el tiempo de viaje se puede calcular la velocidad de desplazamiento (Fig 2.15).



Figura 2.15 Medición en el campo del patinaje de las ruedas del tractor en desplazamiento frontal

2.2.6 Torque

El torque es definido como una fuerza x su brazo de aplicación; la unidad SI es el newton metro (Nm). Los dinamómetros para motores y tractores son básicamente aparatos que aplican un torque medido y variable a un eje rotatorio (cigüeñal, eje toma fuerza, etc). Las cargas de fricción aplicadas mecánica, hidráulica o eléctricamente dentro del dinamómetro actúan sobre un brazo de largo conocido conectado a un aparato que mide la carga.

Valores seleccionados de torque pueden ser aplicados al eje motriz, variando la carga interna., En la mayoría de estas máquinas, el largo del brazo es diseñado para dar números enteros constantes en el cálculo de la potencia.

Existen dinamómetros de transmisión que pueden conectarse en la línea de transmisión de motores/máquinas o eje toma fuerza del tractor/máquinas (Fig 2.16) disponibles que cubren un gran rango de requerimientos de torque y velocidad. Estas unidades son portátiles y comprenden un eje o tubo interno con medidor de esfuerzo (strain) o tubo con equipo de monitoreo y lectura apropiado; pueden ser operados con corriente central o batería.

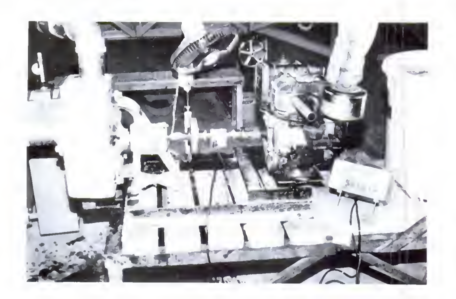


Figura 2.16 Medidor de torque conectado a la línea de transmisión entre un motor y la bomba de agua

2.2.7 Trabajo y Potencia

La unidad SI de energía y trabajo es el joule (J), el cual es definido como el trabajo realizado cuando una fuerza de un newton actúa a través de una distancia de un metro en la dirección de la fuerza. El joule (J) es equivalente a un newton metro (Nm). La unidad de potencia es el watt (W), el cual es igual a un joule por segundo (J/s) o un newton metro por segundo (Nm/s). La unidad más comúnmente usada es el kW que es igual a un kilo newton metro por segundo (kNm/s).

Para medir la potencia lineal, para una prueba a la barra de tiro del tractor por ejemplo, se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia (kW)} = \frac{\text{Fuerza (kN) x distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}}$$

$$= \text{Fuerza x velocidad}$$

Para mecanismos rotativos como motores,

$$\text{Potencia (W)} = \text{Torque (Nm)} \times \text{Velocidad de rotación (rad/s)}$$

Si se mide la velocidad de rotación en revoluciones por minuto (R) y dado que hay 2 π radianes en una revolución, luego:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Torque}\left(\frac{\text{Nm}}{1000}\right) \text{x Veloc de rotación}\left(\frac{2\pi R}{60}\right)$$

Para medir la potencia de sistemas hidráulicos de tractores se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia (kW)} \quad = \quad \text{Flujo}\left(\frac{m^3}{s}\right) \text{x Presión}\left(\frac{N}{m^2}\right) \text{x} \ \frac{1}{1000}$$

Sin embargo, una fórmula de uso común es:

$$\text{Potencia (kW)} \quad = \quad \text{Flujo}\left(\frac{1}{\text{min}}\right) \text{x Presión (bar)} \quad \text{x} \ \frac{1}{600}$$

Para bombas de agua la ecuación es modificada nuevamente para incluir la succión y la presión por altura (ver Sección 4.6.7) y densidad del líquido para dar la función de presión:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Flujo}\left(\frac{m^3}{s}\right) \text{x Carga (m) x Dens liq}\left(\frac{kg}{m^3}\right) \text{x} \ \frac{1}{102}$$

En máquinas accionadas por motores eléctricos el requerimiento de potencia puede establecerse instalando un medidor de torque en la línea de transmisión y midiendo la velocidad de rotación.

Si ello no es posible, una buena aproximación puede ser obtenida midiendo el voltaje de entrada (V) y de corriente (A) al motor y calcular la potencia promedio en watts (W).

Para esto, se usa la relación potencia (W) = voltaje (V) x corriente (A). Sin embargo, es posible obtener varios tipos de wattímetros que, conectados entre la fuente y el motor, entregan directamente lecturas de potencia (Figs 2.17 y 2.18). El diagrama da conexiones para circuitos hasta 5A aproximadamente, si se requiere medir mayores potencias es necesario instalar un transformador en el circuito de medición de corriente de acuerdo con las instrucciones del fabricante del medidor.

Debe entenderse que la medición de potencia en la línea de transmisión entrega el requerimiento exacto de la máquina. El wattímetro mide la entrada de potencia eléctrica al motor y la eficiencia del motor para transmitir esa potencia a la máquina debe tomarse en cuenta. Los valores de eficiencia del motor dependerán del nivel de carga y variarán entre 70% y 90% aproximadamente.

2.2.8 Tasa de Trabajo

Esta medición se relaciona con la producción de las máquinas en evaluaciones de campo. La tasa de trabajo se define como el área trabajada en metros cuadrado (m^2) por unidad de tiempo, digamos una hora (h), dando la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de Trabajo} = \frac{\text{área } (m^2)}{\text{tiempo (h)}}$$

Para trabajo de campo el número de metros cuadrados puede ser muy grande por eso la hectárea (ha) igual a 10 000 m^2 es la usada dando la expresión hectárea por hora (ha/h). El tiempo total de trabajo usado para este cálculo incluye el tiempo tomado en girar en las cabeceras, descanso y cualquier avería y regulaciones.

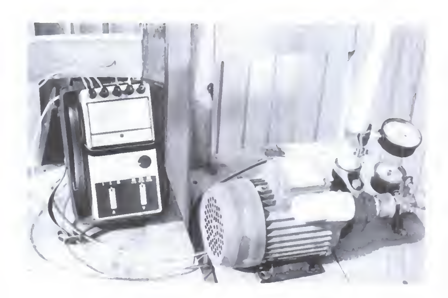


Figura 2.17 Wattímetro conectado a un motor eléctrico

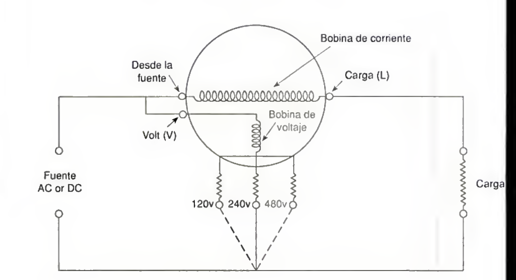


Figura 2.18 Diagrama de conexiones básicas al wattímetro para una fuente de una fase de hasta 5A

2.2.9 Tasa de Flujo

Se mide el volumen de flujo para establecer el consumo de combustible de motores a gasolina o diesel, y la salida en pulverizadoras y bombas. En cada caso se usa la función de tasa de flujo, volumen por unidad de tiempo.

El consumo de combustible de motores es medido en milímetros o litros por segundo (ml/s o l/s). Para motores estacionarios se puede construir un aparato simple (Fig 2.19). El tubo vertical claro que forma la columna de combustible debe tener una capacidad aproximada de 0.5 l y la escala calibrada. Después de llenar la columna de una fuente separada, se cierra la llave y la operación de la válvula de tres direcciones dirigirá el abastecimiento hacia el motor desde el estanque principal a la columna. Después de medir el tiempo para un volumen dado, se revierte la secuencia para rellenar la columna (Fig 2.20).



Figura 2.19 Aparato de bajo costo para medir el consumo de combustible de un motor

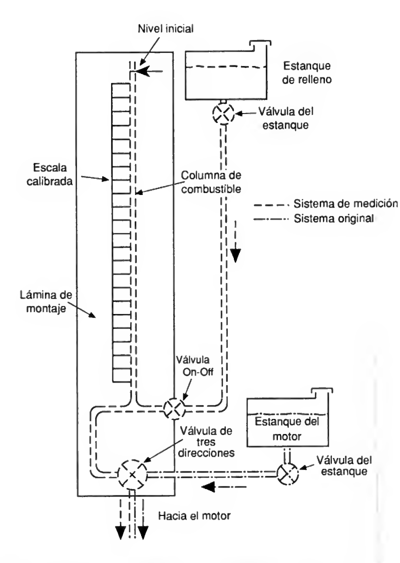


Figura 2.20 Construcción de un aparato para medir combustible en motores a gasolina y diesel

La Fig. 2.21 muestra un flujómetro totalizador conectado al sistema de combustible de un tractor. Se encuentran disponibles varios tipos de medidores que incorporan alguna forma de Motor que acciona un mecanismo contador para indicadores mecánicos o eléctricos. Se instala una válvula de tres direcciones en la línea de retorno del exceso de combustible hacia el estanque que permite redirigir el flujo al sistema principal de alimentación después del medidor, cuando se están haciendo las mediciones (Fig 2.22). Este tipo de medidor se adapta muy bien para medir el flujo de combustible sobre períodos de prueba más largos.



Figura 2.21 Flujómetro totalizador instalado en el sistema de combustible de un tractor

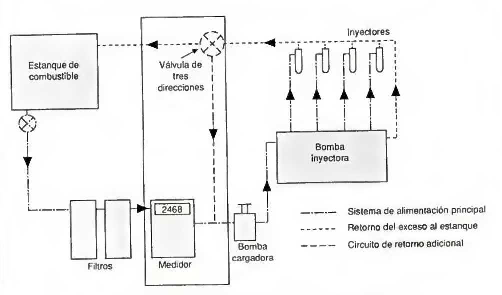


Figura 2.22 Medidor instalado en un sistema típico de combustible de un tractor

Los medidores apropiados que dan lecturas directas de tasa de flujo son usados para pruebas en sistemas hidráulicos. La Fig 2.23 muestra cómo se instala un medidor en línea de flujo del sistema hidráulico de un tractor. En casos de tractores con sistemas de "circuito cerrado", el medidor debe ser del tipo que resista la presión del abastecimiento de la bomba auxiliar al cual está conectado el flujo de retorno. Antes de conectar el equipo de prueba a este tipo de circuito hidráulico, debe buscarse con el fabricante del tractor información sobre métodos de prueba.

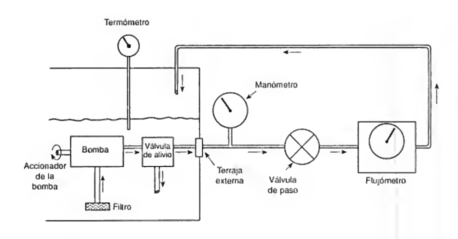


Figura 2.23 Arreglo para la prueba de potencia del sistema hidráulico del tractor

Se puede conectar flujómetros adecuados en salidas de bombas de agua en lugar de medir el tiempo para llenar estanques de volumen conocido. Otra técnica para medir grandes cantidades de flujo de líquido es usar una muesca en "V" en el canal de flujo (Fig 2.24). Este consiste de una placa con una muesca "V" en 90° a través de la línea de flujo del liquido. Existe una relación entre la altura del nivel del líquido sobre la parte más baja de la muesca y la superficie superior del líquido. La expresión para un ángulo de 90° verdadero es:

$$\text{Tasa de flujo, } Q = k \times \sqrt{2g} \times \frac{8}{15} \times H^{2.5}$$

donde
- Q = tasa de flujo (m^3/s)
- g = aceleración debida a la gravedad (9.8067 m/s^2)
- H = altura del nivel del liquido (m)
- k = coeficiente de la placa

Para cada muesca, debe determinarse, experimentalmente, el coeficiente k para entregar la relación correcta entre tasa de flujo y altura del líquido. Esta información debe entregarla el fabricante de la placa.

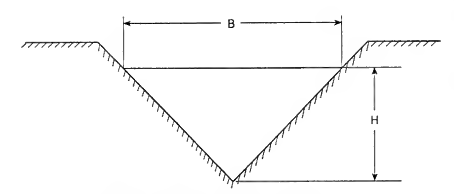


Figura 2.24 Muesca V para medición de la tasa de flujo

90°	Flujo (Q) m^3/sec	=	$k \times \sqrt{2 \times g} \times \frac{8}{15} \times H^{2.5}$
Not 90°		=	$k \times \sqrt{2 \times g} \times \frac{4}{15} \times B \times H^{1.5}$

2.2.10 Consumo de combustible

Al considerar el consumo de combustible de los motores, la habilidad de un motor para convertir el combustible en trabajo útil variará con el tipo de motor, su diseño, velocidad y carga. El consumo medido debe relacionarse con la salida de potencia y expresarlo como "consumo específico de combustible" en litros por kilowatt hora (l/kWh).

La Fig 2.25 da un ejemplo de curvas de torque que cubren el rango de velocidad de operación del motor al cual se le han añadido líneas de potencia constante y consumo específico de combustible.

Puede verse que para la misma potencia , el consumo específico de combustible, y por lo tanto el consumo de combustible, disminuye con la velocidad. Por ejemplo, a 75% de potencia máxima, el consumo caerá alrededor de 7% cuando la velocidad es también reducida a 75% de la velocidad de régimen. A 50% de la potencia, se logra una reducción de cerca de 15% en el consumo con una velocidad de 75% la velocidad de régimen.

Este ejemplo típico muestra cómo la medición del consumo específico de combustible puede usarse para destacar áreas de mayor eficiencia del combustible en términos de potencia y velocidad. Muestra, generalmente, que para la operación del tractor es más económico trabajar con el engranaje más alto posible, ajustando el acelerador para mantener la carga y velocidad de avance requerida.

2.2.11 Tasa de aplicación

El volumen o peso (masa) de insecticida, fertilizante o semillas aplicado en relación al área de cultivo o terreno es la expresión más útil de tasa de aplicación. Es medida en litros por hectárea (l/ha) o kilógramos por hectárea (kg/ha). Si se multiplica estos términos por la tasa de trabajo en hectáreas por hora (ha/h), se obtiene las tasas de aplicación por hora.

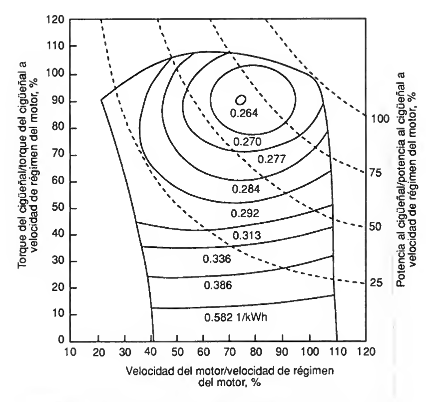


Figura 2.25 Economía de combustible medida sobre el rango de operación de un motor. Fuente: Crossley y Kilgour, 1983

2.2.12 Producción

Para trilladoras, desgranadoras y cosechadoras combinadas la tasa de producción es uno de los factores principales en la determinación del rendimiento de la máquina. En todos los casos, se pesa las muestras de grano trillado colectadas a lo largo del período de prueba y los resultados se expresan en kilógramos por hora (kg/h). En pruebas de cosechadoras combinadas se puede dividir este resultado por la tasa de trabajo en hectáreas por hora (ha/h) para entregar un resultado en kilógramos por hectárea (kg/ha).

3 CALIBRACION DEL EQUIPO DE PRUEBA

La confiabilidad de los datos de mediciones hechas durante pruebas y evaluaciones dependerá de la exactitud de los instrumentos usados. Ello supone que el personal de prueba entiende el uso del equipo y que lo opera correctamente con registro exacto de los datos. El nivel de exactitud dependerá del propósito de la prueba; generalmente se requiere mayor exactitud para cantidades pequeñas (v.g. consumo de combustible del motor o dimensiones de componentes pequeños). Esta exactitud no es requerida para cantidades mayores, v.g. tamaño del campo. Los instrumentos con altos niveles de exactitud son generalmente más caros.

El rango del equipo de medición usado debe ser consistente con el rango esperado durante la prueba (v.g. fuerzas de tiro esperadas hasta 5 kN deben ser medidas con brazos tensivos de carga nominal de 5 kN).

Todos los equipos de medición apropiados serán producidos y calibrados a estándares y límites de exactitud conocidos sobre rangos de medición adecuados. La exactitud del instrumento dependerá de factores tales como: histéresis; no-linealidad; repetibilidad; trepamiento y temperatura. Aparatos simples de medición como reglas, cintas, cilindros graduados y termómetros no requieren calibración regular dado que los cambios por daño y uso serán obvios y las unidades son relativamente baratas de reemplazar.

Mucho del equipo de prueba de base mecánica ha sido reemplazado por aparatos eléctricos y electrónicos que son operados por corriente central o de batería y son adecuados para uso en laboratorio y campo. Ingenieros de prueba sin conocimiento adecuado para entender todos los procesos básicos de los sistemas nuevos tendrán que confiar en la exactitud continuada del equipo. Dada esta confianza en la exactitud, todos los equipos de medición deben ser calibrados periódicamente, en especial si hay dudas acerca de los resultados de las mediciones. Los fabricantes pueden incluir estándares para calibración dentro del equipo, tales como fuente de ruido estándar para medidores de nivel de sonido y medios para medir la frecuencia de la luz en contadores de revoluciones.

Se pueden hacer varias verificaciones dentro de la organización de pruebas usando equipo "estándar" para la comparación. Se puede usar cilindros graduados para chequear el volumen o salida de aparatos de medición del combustible y la capacidad de varios contenedores, manómetros, balanzas y relojes puede ser chequeada contra otras unidades del mismo tipo. Sin embargo, esto debe usarse para chequeos "puntuales" y los instrumentos deben ser retornados al fabricante o a un laboratorio de pruebas estándar con equipo adecuado.

La Fig 3.1 muestra una estructura de laboratorio para probar un manómetro donde la presión en el sistema es entregada por pesos estándar conocidos que actúan sobre un cilindro y pistón maquineados muy precisamente. El reservorio y bomba se han instalado para asegurar que el sistema está lleno y que el pistón es soportado por la columna líquida cuando se hacen las mediciones.

Las celdas que miden deformación usadas en motores, tractores y máquinas en terreno son particularmente vulnerables al daño y condiciones adversas y requerirán chequeos más frecuentes. Un laboratorio bien equipado puede tener una máquina diseñada especialmente para calibrar brazos de compresión o tensión. Sin embargo, se puede usar pesas estándar en cantidad suficiente tal como se muestra en la Fig 3.2 para calibrar un brazo tensivo usado para medir fuerza de tiro.

La Fig 3.3 muestra una estructura para aplicar cargas cuando se calibra un torquímetro. Un extremo del eje motriz del medidor está conectado al soporte de prueba y un brazo de torque está conectado al otro extremo. Una bandeja para pesar y pesas se han añadido al brazo a una distancia adecuada, exactamente medida y definida. Para lograr exactitud, el brazo de torque debe ser tan liviano como sea posible y balanceado antes que se añadan las pesas.

Todo el instrumental y equipo de prueba debe ser almacenado en un ambiente limpio y llevarse registro de los periodos de uso, frecuencia de calibración y roturas o reparaciones.

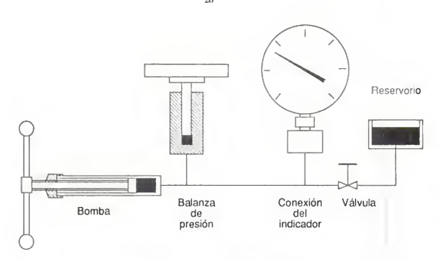


Figura 3.1 Aparato para calibrar manómetros
Fuente: Budenberg Gauge Co Ltda



Figura 3.2 Calibración de una celda de carga de brazo tensivo

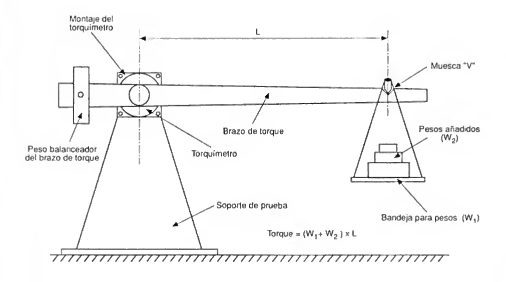


Figura 3.3 Arreglo mecánico para calibrar torquímetros

4 APLICACION DE LAS TECNICAS DE MEDICION A LOS PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

4.1 Selección de material para pruebas

Durante las evaluaciones, se valora las máquinas por su habilidad para cumplir ciertos criterios de diseño. Los distribuidores de fertilizante, sembradoras, plantadoras, trilladoras y cosechadoras están específicamente diseñadas para procesar tipos particulares de material voluminoso. El material seleccionado para las pruebas debe estar de acuerdo con los criterios de diseño de la máquina y debe ser adecuadamente chequeado y especificado en el informe de prueba. Esto es especialmente importante cuando se compara el desempeño de varios tipos de máquinas.

El fertilizante granulado debe especificarse por nombre, tipo y forma. El flujo del material en la tolva y su paso a través de los elementos de la máquina será afectado por la distribución del tamaño de los gránulos y el contenido de humedad. La densidad del material estará relacionada con el volumen aplicado por hectárea por la máquina, y de ahí sale la capacidad de la tolva y mecanismos alimentadores.

Los mecanismos de medición y alimentación de cualquier sembradora o plantadora son diseñados para semillas de una forma, dimensión y peso particular. Se debe muestrear la semilla a granel para mediciones y establecer el peso de 1000 granos (especificación de peso del grano estándar). Es importante evaluar el daño a la semilla en su paso por la máquina. La muestra usada para prueba no debe contener semillas dañadas de tal manera que se pueda medir el daño causado por la máquina. Cuando se usa el método de germinación para evaluar el desempeño de la máquina, se necesitará establecer la tasa de germinación de la muestra original.

Las trilladoras y desgranadoras son valoradas por su habilidad para separar granos de paja o mazorcas sin causar daño. Además de especificar el tipo y variedad, contenido de humedad, tamaño y densidad del material original, debe establecerse la relación promedio grano/paja y grano/mazorca.

El tipo y condición del cultivo afectará considerablemente el desempeño de cosechadoras combinadas. Las pruebas de producción total deben ser hechas con cultivos en condición "promedio a buena", lo cual significa que la mayoría está en pie con pocas malezas y el contenido de humedad deseado. Cuando las investigaciones son hechas bajo condiciones adversas (cultivos caídos o enmalezados) ellas deben especificarse adecuadamente.

4.2 Condiciones de suelo

Para pruebas de implementos y máquinas de labranza hay parámetros que pueden establecerse para describir las condiciones del suelo antes y después del realizar el trabajo. Estos parámetros permitirán evaluar la calidad del trabajo y la habilidad del implemento o máquina para satisfacer criterios deseados.

4.2.1 Textura del suelo

El análisis del tamaño de partículas, llamado también análisis mecánico, determina el porcentaje de las tres fracciones minerales: arena, limo y arcilla en el suelo y por consiguiente su clase textural. La textura de un suelo es su característica más permanente e influencia directamente otras propiedades del suelo (ver Tabla 4.1) tales como: estructura, régimen hídrico, permeabilidad, tasa de infiltración, tasa de escurrimiento, erodabilidad, manejo, penetración de raíces y fertilidad, etc. y como tal es un parámetro básico que debe ser determinado siempre.

La medición de la distribución de las partículas del suelo requiere equipo muy exacto y se realiza normalmente en laboratorios de suelo bien equipados. El método es por sedimentación (British Standard Institution, 1975). La Fig 4.1 muestra porcentajes de arcilla (bajo 0.002 mm), limo (0.002 - 0.06 mm) y arena (0.06 - 2.0 mm) en la base de las clases texturales del suelo. Las sub - divisiones reflejan las varias combinaciones de partículas presentes.

4.2.1.1 Estimación en el campo

Si no hay disponibles detalles del tipo de suelo obtenidos por el método de distribución del tamaño de partículas, el tipo puede estimarse usando el siguiente procedimiento de muestreo y método manual (Fig 4.2).

Tabla 4.1 Características físicas promedio del suelo (los rangos se muestran en paréntesis) para sitios no disturbados

Clase Textural	Densidad Aparente (D_b)	Aspacio Total Poroso (V_p%)	Capacidad de Campo (vol %)	Punto de Marchitez (vol %)	Agua Disponible por volumen (AWC%)	Capacidad Aire a CC (Va%)
arenoso	1.65 (1.55-1.80)	38 (32-42)	15 (10-20)	7 (4-10)	8 (6-10)	23
franco arenoso	1.50 (1.40-1.60)	43 (40-47)	21 (15-27)	9 (6-12)	12 (9-15)	22
franco	1.40 (1.35-1.50)	47 (43-49)	31 (25-36)	14 (11-17)	17 (14-20)	16
franco arcilloso	1.35 (1.30-1.40)	49 (47-51)	36 (31-41)	17 (15-20)	19 (16-22)	13
arcilloso limoso	1.30 (1.25-1.35)	51 (49-53)	40 (35-46)	19 (17-23)	21 (18-23)	11
arcilloso	1.25 (1.20-1.30)	53 (51-55)	44 (39-49)	21 (19-24)	23 (20-25)	9

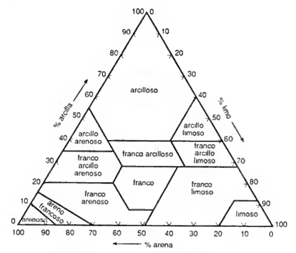


Figura 4.1 Triángulo de texturas del suelo
Fuente: Russell, 1973

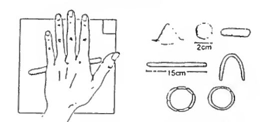


Figura 4.2 Pruebas manuales para estimar la clase textural de un suelo
Fuente: Zambia, 1990

Idealmente, las muestras para estudios de labranza deben tomarse a intervalos de 0,1 m o menos, a través de la capa cultivada, v.g. superficie (0 - 0.5m), 0.5 - 0.5 - 0.25 m y posiblemente hasta 0.10 m debajo de la profundidad de trabajo. El tamaño mínimo de la muestra tomada en cada profundidad es 200 g y debe repetirse al menos tres veces en toda el área de prueba para tener una estimación representativa de la textura del suelo del área.

Se forma una bola de suelo fino de unos 2.5 cm de diámetro. Se agrega lentamente agua al suelo hasta que llegue al punto de pegamiento: el punto en el cual el suelo empieza a pegarse a la mano. Una indicación de la textura es la facilidad con que puede dársele forma al suelo con la mano.

Clase textural		
A	Arena	el suelo permanece suelto y en granos individuales y solo puede amontonarse en una pirámide.
B	Areno francoso	el suelo tiene suficiente limo y arcilla para hacerse cohesivo y puede formarse una bola que se deshace fácilmente.
C	Franco limoso	igual que areno francoso pero se puede darle forma enrollándolo en un cilindro corto y grueso.
D	Franco	como tiene igual cantidad de arena, limo y arcilla el suelo puede ser enrollado en un cilindro de cerca de 150 mm de largo y se rompe al doblarse
E	Franco arcilloso	igual que franco, aunque el suelo puede ser doblado en una U, pero no más sin romperse.
F	Arcilla liviana	se puede doblar el suelo en un círculo que muestra grietas.
G	Arcilla pesada	se puede doblar el suelo en un círculo sin que muestre grietas.

Cuando seco, un suelo franco o limoso desprenderá un polvo fino si es arañado o se sopla sobre él, pero uno arcilloso no hará lo mismo; el limo es extremadamente polvoriento por su muy bajo contenido de arcilla. Un suelo franco cuando mojado se siente jabonoso y más o menos plástico; cuando es restregado entre los dedos hasta que se seque deja polvo en la piel, pero la arcilla no.

Cuando se ara o barrena una arcilla con algo de humedad muestra una superficie brillante, un suelo franco no lo hace.

4.2.2 Densidad Aparente

La densidad aparente seca de un suelo da una indicación de la firmeza del suelo y con ella la resistencia que presentará a los implementos de labranza o raíces de las plantas cuando penetran en el suelo. La densidad aparente del suelo es definida como la masa por unidad de volumen de suelo seco en su estado no disturbado. Para un suelo con una densidad de partículas dada (típicamente 2.65 Mg m^{-3}), la densidad aparente está relacionada directamente con la porosidad total, el espacio disponible en el suelo para el movimiento de gases y agua y el desarrollo de las raíces. Menos directamente, la densidad aparente está también relacionada con la firmeza y permeabilidad del suelo. Los suelos con un alto espacio total de poros tienen más baja densidad aparente e inversamente la baja porosidad indica alta densidad aparente. Densidades aparentes sobre 1.6 Mg m^{-3} pueden restringir el crecimiento radicular y resultar en niveles muy bajos de movimiento del agua hacia y dentro del suelo. Algunos valores típicos para diferentes texturas de suelo se presentan en la Tabla 4.1.

4.2.2.1 Estimación de campo de la densidad aparente

4.2.2.1.1 Muestreo de núcleo

Este método consiste en tomar una muestra núcleo del suelo usando un cilindro de volumen conocido el cual se introduce en el suelo y luego se saca cuidadosamente (Fig 4.3). El cilindro, que debe ser numerado para fácil ubicación, tiene usualmente 0.05m de largo y 0.05 m de diámetro. Si la muestra no llena completamente el cilindro (v.g. algo de suelo se pierde si está seco) el hueco debe medirse exactamente para establecer las dimensiones reales de la muestra. Un método sugerido para establecer las dimensiones reales de la muestra es llenar los huecos con arena fina seca y luego sacar la arena y medir su volumen. Una alternativa a usar si el tiempo lo permite y no se está determinando el contenido de agua, es mojar completamente el sitio de muestreo antes de tomar la muestra.



Figura 4.3 Muestreo de núcleo del suelo para medir la densidad aparente

Cada muestra debe llevarse al laboratorio en un contenedor sellado. Después de pesar, las muestras son secadas al horno a 105°C por 8 h y luego enfriadas en un desecador antes de ser pesadas nuevamente.

$$\text{Densidad aparente secada al horno } (D_b) = \frac{M}{\pi R^2 L}$$

M = Masa de la muestra seca

R = Radio interno del cilindro

L = Largo de la muestra cilíndrica corregida por cualquier pérdida de suelo

4.2.2.2 Estrategia de muestreo para mediciones de densidad aparente

Se hacen normalmente al menos 4 repeticiones en cada sitio antes de cualquier trabajo de labranza en incrementos de 0.05 m desde la superficie del suelo hasta 0.10 m por debajo de la profundidad de labranza. Las mediciones post labranza requieren determinaciones más precisas para caracterizar el grado de distribución del suelo, la cual variará con el implemento usado. Para implementos generales de labranza, tales como arados y cultivadores, se recomienda hacer al menos 10 repeticiones de las determinaciones por sitio en incrementos de 0.05 m desde la superficie del suelo hasta 0.10 m por debajo de la profundidad de labranza. Cuando se usan implementos con cinceles en una pasada, las determinaciones deben hacerse en, al menos, tres posiciones laterales, 0; 0.10; y 0.20 m en ángulo recto a la pasada del cincel. La Fig 4.4 muestra como varía la densidad aparente seca al aumentar la distancia desde la línea de pasada del cincel.

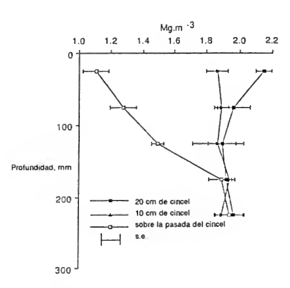


Figura 4.4 Variación en densidad aparente seca con la profundidad para tres posiciones (0; 0,1; y 0,2 m) en ángulo recto al paso del cincel

4.2.2.3 Densidad aparente seca y porosidad

La relación entre densidad aparente seca y porosidad es:

$$\text{Porosidad } (V_p\%) = 100 - \left(\frac{\text{densidad aparente seca}}{\text{densidad de partículas (2.65)}} \right) \times 100$$

4.2.3 Contenido de humedad

Dentro del sistema suelo - agua, el agua existe en tres fases, sólida (hielo), líquido y vapor. Bajo condiciones semi - áridas, la fase líquida es la de mayor interés ya que refleja las propiedades físicas del suelo en su estado natural o labrado. El suelo sujeta agua de dos maneras: humedad libre en poros y espacios que existen entre las partículas sólidas; y como humedad adhesiva, por absorción a la superficie sólida de la arcilla y partículas orgánicas. El agua libre es la más interesante en los estudios de labranza puesto que la firmeza del suelo está directamente relacionada con su contenido de agua.

4.2.3.1 Método de medición

Los métodos para determinar el contenido de agua del suelo pueden ser divididos en dos grupos: aquellos realizados en terreno y aquellos que requieren sacar una muestra para determinación en laboratorio por secado al horno. La última técnica es la que se recomienda aquí ya que es la referencia última contra la cual todas las técnicas de campo son calibradas.

El contenido de humedad libre de un suelo es determinado en el laboratorio y es presentado como porcentaje del peso de un suelo seco al horno. Se recomienda usar la estrategia de muestreo descrita en la Sección 4.2.2 para determinar las densidades aparentes secas. Las muestras deben transferirse a una bolsa de papel de peso conocido (W1) y pesadas inmediatamente en el campo (W2) y su peso registrado. Las muestras de laboratorio son secadas al horno por 8 h a 105° C, enfriadas y luego repesadas (W3). El contenido de agua del suelo es presentado como porcentaje del peso del suelo seco al horno:

$$\text{Contenido de humedad del suelo, \% (base peso seco)} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100$$

donde

W1 = peso de la bolsa de papel

W2 = peso de la bolsa y suelo húmedo

W3 = peso de la bolsa y suelo secado al horno

Ejemplo: W1 = 5 g, W2 = 105 g y W3 = 85 g después de secado a 105° C

$$\text{Contenido de humedad del suelo, \% (base peso seco)} = \frac{105 - 85}{85 - 5} \times 100 = 25\%$$

En la práctica agrícola se desea a menudo conocer el contenido de humedad como porcentaje en volumen del suelo no disturbado. Esto puede determinarse directamente, usando el cilindro para núcleos de volumen conocido (Sección 4.2.2.1.1), por lo tanto:

$$\text{Contenido de humedad del suelo, \% (vol)} \frac{\text{Contenido de humedad del suelo, \% (base peso seco)}}{\text{volumen de la muestra}}$$

o indirectamente usando el % de agua por peso y la densidad aparente seca:

Contenido de humedad del suelo, % (vol) = Contenido de humedad del suelo, % (base peso seco) x densidad aparente seca

4.2.3.2 Estimación por el método sensorial

El diagrama en la Tabla 4.2 puede usarse para estimar el contenido de humedad en el campo o si no se dispone de otros métodos.

4.2.4 Diámetro promedio de terrones

La cantidad de pulverización del suelo se mide evaluando el diámetro promedio de terrones. Una muestra cúbica del suelo de alrededor de 0.15 m de lado se pasa a través de varios tamices y se mide el peso de suelo retenido en cada tamiz. Existen disponibles varios tamaños de tamices pero en el ejemplo dado en la Tabla 4.3 se usan los tamaños 10, 20, 30, 40 y 50 mm.

Tabla 4.2 Cuadro sensorial para estimar la humedad del suelo

Parcentaje remanente de agua útil en el suelo	Textura gruesa	Textura gruesa moderada	Texturas medianas	Texturas finas moderadamente finas
	Suelo seco, granos individuales, fluye entre dedos	Suelo seco fluye entre dedos	Polvoriento, seco, a veces suavemente encostrado pero se romple fácilimente a polvo	Cocido, duro, agietado; a veces con agregados sueltos en la superfie
50 o menor	Todavia parece seco no forma bloas con presión	Todavia parence seco, no forma bola*	Algo migoso, pero se mantiene junto con presión*	Algo flexible; forma bola bajo presión
50 - 75	Igual que textura gruesa a 50 o menos	Tiende a formar bola bajo presión pero no queda asi	Forma bola algo plástica; algo pegajoso con presión	Forma bola; forma cinta entre indice y pulgar
75 a Capacidad de Campo	Tiende a ser pegajoso; a veces forma bola débil bajo presión	Forma bola débil se rompe fácilmente; no es pegajoso	Forma bola y es muy flexibe; resbaladizo si es alto en arcilla	Forma fácilmente cinta entre dedos, sensación resbaladiza
A C C	No sale agua al apretarlo pero la bola deja marcas húmedas en la mano	Los mismo que en texturas gruesas	Lo mismo que en texturas gruesa	Lo mismo que en texturas gruesas
> C C	Aparece agua libre al botar el suelo en la mano	Aparece agua libre al amasarlo	Se puede sacar agua libre	Barroso con agua libre en la superficie

* Se forma bola al apretarlo firmemente con los dedos

(Adaptado de Texas Agrie. Ext. Bul. 1941)

Tabla 4.3 Cálculo del diámetro promedio de terrones

Tamano de la Apertura, mm	Dia del suelo que paso el tamiz izquierdo y retenido en el tamiz siguiente de menor apertura, mm	Tamano promedio de las particul retenidas en el tamiz, mm	Peso del suelo, kg
10	< 10	5	A
20	10 - 20	15	B
30	20 - 30	25	C
40	30 - 40	35	D
50	40 - 50	45	E
	50 >	N	F

Diámetro promedio de terrones del suelo, mm =

$$\frac{1}{W}(5A + 15B + 25C + 35D + 45E + NF)$$

Donde $W = A + B + C + D + E + F$

N = Media de los diámetros medidos de los terrones retenidos en el tamiz de la mayor apertura, mm

Este cálculo se aplica a una muestra de suelo solamente, pero para parcelas pequeñas se recomienda tomar tres muestras y cinco en las parcelas más grandes.

4.2.5 Firmeza del Suelo

La firmeza del suelo influencia la energía requerida para realizar operaciones de labranza y también determina si el sistema radicular de un cultivo puede efectivamente penetrar el suelo para obtener nutrientes y agua. Por estas razones es frecuentemente necesario en estudios de labranza/prácticas culturales, cuantificar la firmeza del suelo. Se debe hacer mediciones pre - labranza y solamente serán útiles si se conoce el valor del contenido de humedad, tipo y densidad aparente del suelo.

4.2.5.1 Indice de Cono

El Indice de Cono es medido usando un penetrómetro apropiado en conformidad con estándares reconocidos (Fig 4.5). Es una indicación de la dureza del suelo y es expresado como la fuerza por cm² (o kilo Pascales, kPa) de un cono para penetrar el suelo. El Indice de Cono bajo las mismas condiciones del suelo varía con el ángulo de la punta y el área de la base del cono. Debe especificarse el ángulo de la punta, el diámetro de la base usados. La fuerza de penetración es medida a profundidades pre-establecidas y los resultados son presentados gráficamente como en la Fig 4.6.



Figura 4.5 Medición de la resistencia del suelo con un penetrómetro de cono.

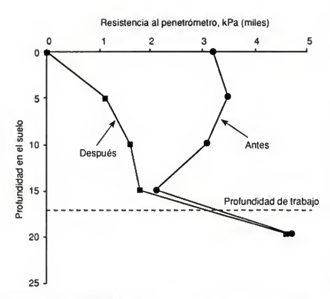


Figura 4.6 Resistencia del suelo al penetrómetro de cono antes y después de arar

4.2.5.2 Firmeza al cizalle

Un medición del cizalle del suelo es de valor cuando se comparan diferentes suelos antes y después de arar; más en suelos arcillosos que arenosos. Hay disponibles comercialmente medidores del cizalle del suelo simples de operar con las lecturas registradas directamente en kPa, kg/cm² o similar, ver Fig 4.7. Los detalles del diámetro de aletas e indicadores dependerán del modelo preciso seleccionado. La Figura 4.8 muestra como presentar las mediciones de terreno.

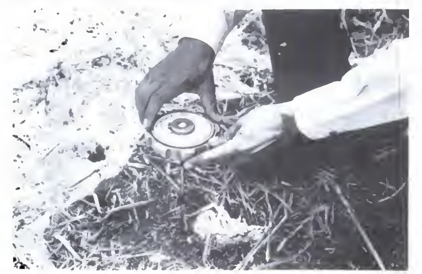


Figura 4.7 Medición de la firmeza al cizalle cohesivo del suelo

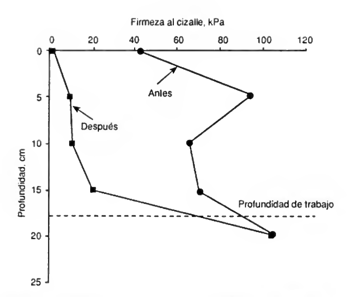


Figura 4.8 Variación de la firmeza al cizalle del suelo (kPa) antes y después de arar

Los medidores de cizalle de tipo con aleta miden solamente el componente cohesivo de la firmeza al cizalle. Si se requieren los componentes cohesivos y de fricción de la firmeza al cizalle debe usarse una caja de cizalle que puede cargarse verticalmente (Ashburner y Sims, 1984).

4.3 Medición de la potencia

Todas las máquinas necesitan una fuente de potencia para ser operadas. La medición de potencia es, por lo tanto, una función importante de los procedimientos de prueba y evaluación. Es importante conocer las características de potencia del vehículo motriz en pruebas de máquinas estacionarias o móviles. Luego es posible establecer, por ejemplo, si el pobre desempeño en la operación práctica es debido a deficiencias en la entrega de potencia.

4.3.1 Potencia rotativa

4.3.1.1 Motor

Debe usarse un dinamómetro de tamaño apropiado para pruebas que determinan el desempeño del motor, si no está disponible, puede usarse una máquina capaz de entregar una carga variable (generador, bomba de agua) con un torquímetro instalado en la línea de transmisión (Fig 2.16) con medios para medir la velocidad de rotación.

Antes de hacer una prueba se debe chequear las posiciones del regulador, carburador o bomba inyectora para que operen correctamente cumpliendo las recomendaciones del fabricante.

Debe instalarse un medidor de combustible como se describió en la Sección 2.2.9 junto con termómetros para medir temperatura ambiental y del combustible. Si el motor tiene un control de velocidad variable, todas las pruebas deben hacerse con él totalmente abierto. Antes de tomar lecturas, la unidad debe alcanzar la temperatura de trabajo y condiciones estables.

La forma de las curvas de desempeño producidas (Sección 7, Apéndice A) no solo entrega datos numéricos de potencia y consumo de combustible si no que también mostrará otras características de desempeño. El aumento de la velocidad sobre aquella equivalente a potencia máxima y la línea de la curva del regulador indicarán la habilidad del regulador para mantener velocidades bajo cargas variables. El aumento de torque a medida que disminuye la velocidad bajo potencia máxima (alrededor de 18% en el Apéndice 7A) significa que si ocurre una sobrecarga súbita sobre potencia máxima, el motor no se calará.

Para pruebas oficiales, donde los resultados pueden ser comparados con aquellos de otras estaciones de prueba, el consumo de combustible es presentado normalmente como masa, por ejemplo, kilógramos por hora (kg/h) y gramos por kilowatt hora (g/kWh). Las razones son que la masa de combustible inyectado es uno de los factores más importantes que determinan la potencia producida por el motor y que existen variaciones en la densidad de los combustibles. Si las mediciones son en volumen, se convierte a masa usando la densidad del combustible usado en relación a su temperatura.

Se puede instalar un torquímetro en la línea de transmisión cuando el motor se conecta a una máquina y medir así el requerimiento de potencia. Si ello no es posible, se pueden hacer estimaciones si las pruebas se realizan para establecer curvas que muestran la relación entre potencia, velocidad y consumo de combustible o temperatura de los gases de escape, o en un motor a gasolina, la depresión del múltiple de admisión (Sección 7, Apéndice 7B)

4.3.1.2 Eje Toma Fuerza (ETF)

Los dinamómetros fijos capaces de medir la potencia desarrollada por el tractor en su ETF son grandes y caros y son usados por grandes organizaciones de prueba y fabricantes de tractores. Sin embargo, unidades móviles más baratas están disponibles, en las cuales la potencia es absorbida por una bomba y válvula hidráulicas, normalmente con agua de enfriamiento. Sin embargo, estas unidades son solamente exactas a velocidades particulares del eje y generalmente no son adecuadas para mediciones que cubran todo el rango de trabajo.

Este tipo de unidad es idealmente adecuado cuando se usa en conjunto con un torquímetro de ETF (Fig 4.9) para lograr mediciones exactas.

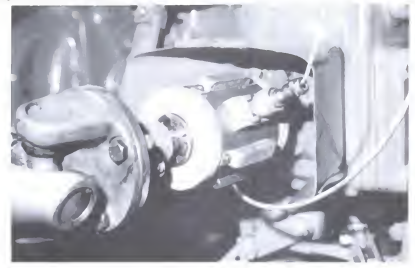


Figura 4.9 Torquímetro y tacómetro para Eje Toma Fuerza

Las condiciones generales para ejecutar las pruebas son las mismas que aquellas usadas para los motores.

Las curvas de desempeño son también similares a aquellas producidas por motores pero el torque, potencia, velocidad y datos de combustible son calculados de mediciones hechas durante las pruebas al ETF usando la relación velocidad motor/ETF.

Cuando se instala un flujómetro de combustible en un tractor es importante que cuando se hacen las mediciones todo exceso de combustible de retorno se devuelva al sistema de alimentación **después** del medidor (Fig 2.22). La producción de potencia a la velocidad del motor equivalente a las velocidades estándar del ETF, 540 y 1000 rev/min es un factor importante cuando los tractores operan y accionan máquinas en terreno.

4.3.1.3 Máquinas

En las Secciones 2.2.3 y 4.3.1.1 se discutieron algunos métodos para establecer la potencia requerida para operar maquinarias. En algunos casos, es útil poder variar la velocidad de entrada cuando se realizan varias pruebas en diferentes regulaciones de las máquinas. En este caso, la disposición ideal mostrada en la Fig 4.40 comprende un motor eléctrico acoplado a una caja de velocidades variables con un torquímetro y tacómetro instalados en la línea de transmisión de la máquina.

4.3.1.4 Motores eléctricos

La potencia máxima nominal y velocidad de un motor eléctrico son especificadas por el fabricante. En la Sección 2.2.7 se discutieron métodos para medir la cantidad de potencia absorbida por una máquina.

4.3.2 Lineal

4.3.2.1 Animal

La potencia animal se obtiene midiendo la fuerza de tiro en relación con la velocidad de desplazamiento. Se instala un medidor de fuerza entre la carga de tiro y el yugo normal o arnés de arrastre. Si la línea de tiro no es horizontal, deben hacerse mediciones de las disposiciones de enganche y ángulo de tiro (Fig 4.10).

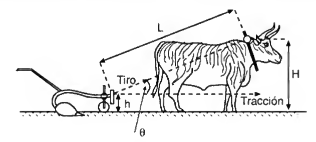


Figura 4.10 Línea de tiro y tracción horizontal. Después de Zambian Bureau of Standards, 1990 (a)

El cálculo del componente horizontal (tracción) se puede hacer como sigue:

1) $$\text{Tracción} = \frac{\text{Tiro} \times \sqrt{[L^2 - (H - h)^2]}}{L}$$

or

2) Encontrar ϴ desde: $$\text{sen } \Theta = \frac{H - h}{L}$$

luego Tracción = Tiro x cos θ

Las mediciones de potencia están incluidas en las pruebas de desempeño de los animales de la Sección 4.5

4.3.2.2 Tractor

Para obtener datos de desempeño sobre todo el rango de tracción del tractor, la carga aplicada a la barra de tiro debe ser variable y controlable. Los centros de prueba especializados en tractores utilizan vehículos de carga donde la potencia es absorbida hidráulica o eléctricamente (Fig 4.11). Sin embargo, un método conveniente es usar un segundo tractor de tamaño de motor y peso comparables y un enganche frontal ajustable. Con el tractor arrastrado en un cambio similar a aquél del tractor en prueba y uso del acelerador se podrá aplicar cargas variables (Fig 4.12).



Figura 4.11 Vehículos de carga para pruebas a la barra de tiro de tractores



Figura 4.12 Medición en terreno de la potencia del tractor a la barra de tiro

Si la línea de tiro no está horizontal, se deben corregir como se describió en 4.3.2.1

Cualquier carga ejercida en la barra de tiro del tractor producirá patinaje de las ruedas motrices. La distancia que el tractor recorre hacia adelante para un número dado de revoluciones de las ruedas motrices disminuye cuando las ruedas patinan.

Un método simple para determinar el patinaje es hacer una marca en la rueda motriz del tractor y medir la distancia que el tractor avanza en, digamos, cinco revoluciones sin carga (A) y luego repetir sobre la misma superficie y mismo número de revoluciones con carga (B). La distancia, A es la media de varias repeticiones con el mismo número de revoluciones con el tractor desplazándose muy lentamente y cuando es arrastrado (Fig 4.13).

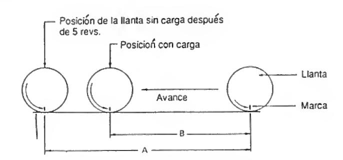


Figura 4.13 Medición del patinaje de la rueda
Fuente: RNAM, 1983

$$\text{Porcentaje de patinaje de la rueda} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

La fuerza de tracción disponible puede aumentarse añadiendo lastre a las ruedas y contrapesos al tractor. Cuando ello se haga, no deben excederse los límites del fabricante de los neumáticos.

Se puede contar con los medios para medir el consumo de combustible. Si ya se han realizado las pruebas al motor y ETF, la comparación de las mediciones de combustible en el campo puede establecer si ya se ha alcanzado la potencia máxima a la barra de tiro en el cambio más alto.

Se hacen pruebas en cada uno de los cambios de trabajo con el acelerador abierto al máximo y carga variable hasta el límite de tracción para producir curvas de comportamiento de la potencia y del patinaje (Sección 7, Apéndice 7D). En todos los cambios, la potencia disponible está limitada por el patinaje, especialmente en los cambios bajos donde el torque disponible no puede ser transmitido a la tierra. Cuando se hacen pruebas oficiales con estándares ISO y OECD, las mediciones se realizan sobre una superficie dura lo cual no solamente reduce el patinaje pero permite comparar resultados de diferentes estaciones. Estas fuerzas de tracciòn son mucho más altas que aquellas que pueden obtenerse sobre superficies encontradas durante trabajo normal en el campo. Tomando un coeficiente de tracción sobre superficie dura de 1.0 para comparar, los resultados típicos de trabajo en terreno muestran que suelos labrados dan coeficientes de 0.5 a 0.7, rastrojos de 0.4 a 0.7 y praderas de 0.5 a 0.75. En los cambios más altos, el límite de tiro es el torque del motor y el aumento de tiro sobre eso a potencia máxima, refleja la forma de la curva del motor.

Los espacios entre las puntas de las curvas de potencia son áreas de tracción y tiro (potencia) que no pueden ser obtenidas. Si se aumenta el número de cambios, se cierran los espacios y se obtiene mayor flexibilidad.

4.3.2.3 Máquina

La potencia de tracción de implementos y máquinas de arrastre durante el trabajo es calculada de mediciones de la fuerza de tracción y velocidad de desplazamiento. Si el implemento es integral al tractor, se aplica el método de medición descrito en la Sección 4.6.1.

4.3.3 Hidráulica

4.3.3.1 Aceite

Con el equipo y circuito de medición descrito en al Sección 2.2.9, se conecta la bomba y se opera del motor el tractor con el acelerador totalmente abierto. Cuando el sistema llega a temperatura de trabajo, la operación de la válvula de paso permitirá hacer mediciones de la tasa de flujo a varias presiones del sistema (Fig 4.14).



Figura 4.14 Medición de la presión y flujo hidráulico

Se aumenta la presión hasta que cesa el flujo de aceite en el sistema que pasa por la válvula de alivio del tractor. Se calcula la potencia hidráulica y se incluye en las curvas de desempeño en relación con la presión y flujo del sistema (Sección 7, Apéndice 7C).

La potencia aumenta con la presión a una tasa aproximadamente constante en relación al máximo a medida que el flujo disminuye ligeramente debido a fugas internas. En el punto de potencia máxima, la válvula de alivio del tractor comienza a abrirse. La válvula se abre completamente en el punto de presión máxima.

La presión del circuito afectará la fuerza de levante de hidráulico y el flujo afectará la velocidad de elevación. Las pruebas oficiales de tractores incluyen mediciones de la fuerza de levante a través de todo el rango de levante con varias disposiciones de la unión de 3 puntos (OECD, 1967).

4.3.3.2 Agua

La medición de la potencia de entrada a una bomba de agua y la potencia de salida impuesta al liquido permite calcular la eficiencia de la bomba. Ya se han descrito los métodos para determinar la potencia de entrada entregada por los motores de combustión interna o eléctricos. La tasa de flujo de una bomba de agua dependerá de la carga dinámica, la cual a cualquier velocidad, variará con la succión estática y altura de entrega y tamaños de las cañerías de succión y entrega. En la práctica las lecturas de manómetros instalados en las cañerías de entrega y descarga (Fig 4.15) con la distancia a que su ubican en relación con la linea central de la bomba y el tamaño de las cañerías, junto con la tasa de descarga permitirán calcular la carga dinámica total. La potencia entregada al liquido es, entonces, una función de la carga y tasa de entrega.



Figura 4.15 Manómetros instalados en la entrada y salida de la bomba para determinar la carga.

La operación de las válvulas instaladas en las cañerías de entrada y descarga permitirá cambiar la carga dinámica sin alterar la ubicación de la bomba o cañerías. Los resultados de la tasa de descarga pueden graficarse contra variaciones de carga, velocidad, potencia de entrada y eficiencia.

4.4 Rendimiento de herramientas manuales

4.4.1 Pruebas de rendimiento

Las herramientas manuales son muy dependientes de su operación apropiada y habilidades manipulativas del usuario. Los complicados movimientos que es necesario hacer hacen virtualmente imposible medir directamente el trabajo mecánico o potencia transferida desde el operador, aunque es posible medir la tasa de consumo de energía corporal del sujeto en prueba.

Las dos técnicas principales para evaluar el consumo de potencia humana, midiendo el consumo de oxígeno o el pulso cardíaco son revisadas en la Sección 5. En general la técnica respiratoria es intrínsicamente más exacta pero menos apropiada al trabajo de campo que incluye movilidad y movimientos. En estos casos las mediciones del pulso cardíaco darán normalmente una indicación aceptablemente exacta del consumo de potencia.

Cuando se mide el desempeño, debe considerarse que:

a) La tasa de trabajo depende de la potencia que el operador puede y está dispuesto a entregar, y no de una demanda inherente de la máquina.

b) La potencia que puede entregar el operador depende del largo de tiempo en el cual es entregada.

Los operadores quieren entregar lo mejor de si al probar diferentes herramientas y máquinas. Si se hace una prueba por un período corto (menos de 1 h) ellos trabajarán a tasas que no podrán sostener a lo largo de día de trabajo. Las pruebas deben realizarse continuamente por el mismo operador por al menos 4 h en cada una de varias condiciones de suelo y cultivos.

La producción total de trabajo (área cubierta, cantidad de suelo movida o semilla sembrada, etc.) es luego medida y con ella se calcula la tasa horaria promedio de trabajo. Este método permite determinar la tasa de trabajo real. La información sobre tasa de trabajo encontrada en pruebas debe suplementarse con una estimación subjetiva del operador como una guía a un régimen de trabajo razonable, que incluya una estimación de períodos de descanso necesarios. También debe evaluarse la calidad del trabajo, preferentemente en una base comparativa.

En la Sección 11 se presenta un ejemplo de procedimiento de prueba para un azadón manual.

4.4.2 Evaluaciones ergonómicas

Además de las pruebas de desempeño, deben hacerse evaluaciones ergonómicas del diseño y control que incluyan:

a) Postura de trabajo
b) Tamaño, forma y movimiento de manecillas/pedales, controles y aparatos de regulación.
c) Controlabilidad.
d) Disposiciones para el manejo de materiales (insumos y productos de máquinas procesadoras).

4.5 Desempeño de los animales

El desempeño de los animales de tracción no puede expresarse en los mismos términos que en los tractores y variará de acuerdo con su peso, condición, fatiga, longitud y severidad del trabajo.

Hay dos aspectos considerados en el procedimiento de prueba del desempeño animal. Primero, los diseñadores y fabricantes de máquinas, y en alguna medida los confeccionadores de arneses, están interesados en la fuerza máxima instantánea. Esta es la fuerza, relativa a la velocidad y peso del animal, ejercida cuando un implemento es detenido por alguna obstrucción del suelo. Se conoce empíricamente que la fuerza máxima instantánea de un animal (o animales) es aproximadamente igual al peso, en el caso de bovinos, y puede subir a 2 veces el peso en equinos. De tal manera que una yunta de bueyes que pesa 800 kg sería capaz de producir una fuerza máxima instantánea de alrededor de 800 x 9.81 = 7848 N.

La fuerza máxima instantánea, está influenciada por el peso de los animales y también es proporcional al cuadrado de la velocidad de avance. La Figura 4.16 muestra la fuerzas máximas logradas por una yunta de bueyes que pesan 600 kg sobre un rango de velocidades de avance. Puede verse que la fuerza lograda (3 kN) a 0.7 m/s, es la mitad de aquella obtenida a 1.3 m/s (6 kN). La Figura 4.17 muestra un arreglo práctico para determinar las fuerzas máximas.

Segundo, la información de mayor interés para los agricultores es la fuerza máxima, velocidad y duración que los animales pueden sostener a lo largo de un día de trabajo. Las pruebas están diseñadas para determinar el máximo en cada caso sin que los animales sufran fatiga excesiva y puedan realizar en una pista (Fig 4.18) o en el campo y debe tenerse los medios para aplicar una carga variable. Si no hay disponible un vehículo construido a propósito, se podría usar un arado o barra portaherramientas ajustable al cual se le puedan agregar o sacar elementos de labranza. Las pruebas cortas propuestas en los procedimientos, darán solo una indicación del potencial del animal y las pruebas más largas deben hacerse cuando sea posible para obtener información más confiable.

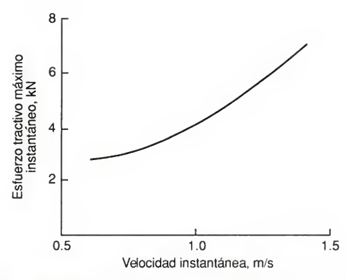


Figura 4.16 Fuerzas máximas instantáneas de una yunta de bueyes de 600 kg sobre un rango de velocidades de avance. Después de Vielbig, 1982



Figura 4.17 Medición de la fuerza máxima instantánea de bueyes usando un vehículo como ancla

Figura 4.18 Carro de carga hidráulica para medir el desempeño de animales de tracción

El peso de un animal de tiro tiene importancia crucial ya que determina sus capacidades de tracción. Si no se puede pesar el animal directamente será necesario estimar su peso usando las dimensiones lineales del cuerpo. En un estudio de bovinos en México (Sims y Jácome, 1985) se estimó el peso vivo usando la siguiente ecuación (Fig 4.19).

$$\text{Peso (kg)} = G^2 \times L \times 92.46$$

Donde:

G = Perímetro torácico alrededor del corazón, m
L = Largo del cuerpo desde la cruz a la raíz de la cola, m

En la situación ideal cada especie y raza deanimal debe pesarse para estimar empíricamente la relación entre peso, perímetro torácico y largo del cuerpo.

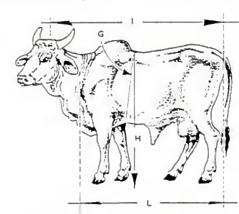


Figura 4.19 Estimación del peso de un bovino
Fuente: Sims y Jácome, 1987

4.6 Desempeño de las máquinas

4.6.1 Cultivadores (primario y secundario)

4.6.1.1 Generalidades

Es importante especificar los detalles de diseño y construcción y rango de ajustes del implemento que va a probarse. Antes de intentar trabajos a campo, el implemento debe ser examinado, las especificaciones entregadas por el fabricante verificadas y los operadores deben familiarizarse con las regulaciones y detalles de operación.

Si en la investigación se va a estudiar el desgaste de herramientas de labranza, ellas deben ser medidas y pesadas de tal manera de compararlas con las mediciones realizadas después de los períodos de trabajo.

La condiciones de prueba deben ser también especificadas claramente. Los tractores y animales seleccionados deben ser compatibles con el uso del implemento en prueba y deben ser manejados por operadores con experiencia.

Los terrenos escogidos por un tipo particular de suelo deben reflejar los objetivos de la prueba y pueden incluir un rango de condiciones típicas de la granja.

Las parcelas y distancias usadas para medir velocidad deben ser marcadas en un área de condiciones de suelo similares a las mediciones de distancia sin patinaje y ensayos preliminares. La experiencia señala que un tamaño conveniente de parcelas es 0.16 hectárea (40 m x 40 m en franjas separadas 10 m) para animales y de 1 ha para tractores. Para que el tiempo necesario para girar no sea muy grande, las parcelas rectangulares deben tener una relación de lados no menor que 2:1.

Se debe medir la firmeza del suelo y tomar muestras al azar para determinar las condiciones y tipo de suelo en todas las parcelas marcadas.

4.6.1.2 Medición de tracción

La mediciones de la fuerza de tracción pueden hacerse durante la prueba en un implemento de arrastre instalando un dinamómetro en la línea de tiro (Fig 4.20).



Figura 4.20 Medición de la fuerza de tracción de un implemento

Si el implemento es integral, se puede usar el método siguiente en la parcela en ensayo antes de la prueba principal (Fig 4.21). Se debe conectar un dinamómetro al frente del tractor sobre el cual está montado el implemento. Se debe disponer de otro tractor para tirar el tractor con el implemento montado a través del dinamómetro. El tractor auxiliar tira el tractor con el implemento montado con el cambio en neutro pero con el implemento en posición de trabajo. Se lee y registra la tracción sobre una distancia (20 m) y el tiempo necesario para recorrerla. En el mismo campo, se lee la tracción con el implemento suspendido en el aire. La diferencia es la tracción que requiere el implemento.

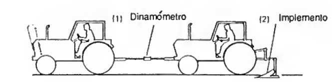


Figura 4.21 Medición de la tracción de un implemento de montaje integral, Fuente: RNAM, 1983

4.6.1.3 Capacidad de la máquina y eficiencia de campo

Una vez que el implemento ha sido regulado satisfactoriamente, cada parcela de prueba debe completarse sin parar a menos que sea necesario para hacer ajustes, por roturas o descanso de los animales. Se mide la fuerza de tracción, velocidad de avance y patinaje (Fig 4.22). Cuando sea aplicable, se debe registrar la profundidad y ancho de trabajo, el área total trabajada y el tiempo.

El tiempo perdido en el campo para girar y otros factores incluyendo el no uso del ancho total del implemento afectarán la eficiencia del campo. Esta es calculada como sigue:

$$\text{Eficiencia de campo, \%} = \frac{\text{Capacidad efectiva de campo}}{\text{Capacidad teórica de campo}} \times 100$$

donde:

$$\text{Capacidad efectiva de campo (ha/h)} = \frac{\text{Area total cultivada (ha)}}{\text{Tiempo total de trabajo (h)}}$$

y

$$\text{Capacidad de Campo Teórica (ha/h)} = \frac{\text{Ancho de trabajo promedio (cm) x Velocidad promedio (m/s) x 36}}{10\,000}$$

4.6.1.4 Inversión del suelo

Además de la observación, la inversión de suelo es expresada cuantitativamente como la relación entre el número de malezas o rastrojo del cultivo anterior dejado en la superficie del suelo después de la operación y el número que había antes:

$$F = \frac{W_P - W_E}{W_P} \times 100$$

donde:

F = Indicador de inversión del suelo; relación de malezas y rastrojo cubierto.

W_P = Nº de malezas o rastrojo por unidad de área antes de la operación.

W_E = Nº de malezas o rastrojo expuestas en la superficie después de la operación.



Figura 4.22 Medición a campo de la velocidad de avance, patinaje y tiempo para girar

Esto puede hacerse muy convenientemente usando un marco cuadrado liviano de madera o fierro ángulo de 1 m de lado de dimensión interior. También es útil soldar alambres a través del cuadrado para hacer cuatro cuadrados más pequeños de 0.5 m de lado (Fig 4.23). El marco es lanzado sobre el terreno no cultivado y se cuenta el número de malezas y rastrojo en el m^2. En una parcela de 40 x 10 m, solo son necesarias tres lecturas, una en el centro y una a 3 m de cada extremo aproximadamente.

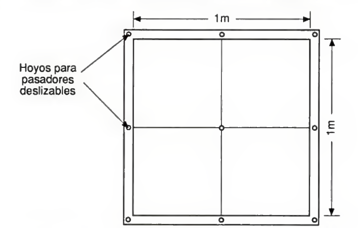


Figura 4.23 Marco para evaluar la inversión del suelo y nivelación de la superficie

Después de cultivar, se hace el mismo conteo para anotar el numero de raíces de malezas descubiertas o rastrojo en el marco de 1 m². Esta no es una medición estrictamente exacta porque las malezas ligeramente cubiertas pueden continuar creciendo, pero debe ser aceptada en muchos casos donde no es posible volver más tarde a la parcela para un conteo más exacto.

4.6.1.5 Nivelación de la superficie

Esta medición se toma para dar algo de valor al efecto nivelador de los implementos de labranza secundaria. Una herramienta adecuada es una adaptación del marco usado para el conteo de malezas y rastrojo. En cada esquina, en la mitad de cada lado y al centro del marco se fijan tubos. En cada uno de estos 9 hoyos se coloca un pasador deslizable de tal manera que sus graduaciones indican la profundidad del suelo bajo el plano representado por el marco.

Para operarlo, se lanza el marco al azar sobre el terreno y se anota la profundidad del suelo bajo cada uno de los nueve hoyos.

La nivelación de la superficie es el promedio de las neuve lecturas. Se deben hacer tres repeticiones en una parcela pequeña y cinco en una más grande.

4.6.2 Sembradoras y plantadoras

4.6.2.1 Generalidades

La efectividad de una sembradora o plantadora dependerá no solamente de su diseño mecánico sino también del tipo y condición de la semilla, condición del suelo y topografía del terreno, los cuales deben ser descritos apropiadamente.

4.6.2.2 Pruebas de laboratorio

Se hacen pruebas de laboratorio con diferentes tipos y tamaños de semillas para examinar el desempeño del mecanismo dosificador y obtener datos para las regulaciones y pruebas de campo.

Con la máquina suspendida en el aire se miden las tasas de entrega con la tolva llena, media y un cuarto. Las semillas usadas no deben contener granos dañados para que cualquier daño causado por la máquina pueda ser establecido. Puede medirse el patrón de distribución de la semilla en un aparato de prueba diseñado especialmente donde las ruedas de tierra son giradas a velocidades recomendadas para trabajo a campo. Las semillas son distribuidas sobre una cinta móvil a la misma velocidad lineal y cubierta con una sustancia pegajosa como grasa o aceite grueso.

Si no se dispone del aparato, se puede desplazar la máquina sobre una pista plana de al menos 10 m a la velocidad recomendada. Debajo de la salida de la semilla se pone una superficie que prevenga el rebote de la semilla, tal como arena, paja de coco, fieltro qrueso o una lámina revestida (Fig 4.29). Se hacen pruebas usando cada salida con varias semillas y dosis. Se hacen mediciones cada 2 m, del espaciamiento entre semillas, grupos de semillas y se calcula el espaciamiento promedio entre semilla, la desviación estándar y uniformidad entre semillas.

Estos cálculos son usados también para mediciones a campo y ubicación de la semilla, en este caso se hacen modificaciones a la máquina para mantener el surco abierto y no cubierto. Las mediciones pueden hacerse en las parcelas usadas para las pruebas de producción.

4.6.2.3 Pruebas a campo

Se hacen pruebas en parcelas seleccionadas para medir la salida total (kg/ha) en diferentes condiciones de suelo y terreno. Se hacen mediciones del área total cubierta, tiempo de operación, velocidad, tracción (Fig 4.25) y deslizamiento de las ruedas. También pueden investigarse los efectos de la vibración y trabajo en pendientes. Durante las pruebas también se hacen observaciones sobre la facilidad de operación, de regulación, mantenimiento y aspectos de seguridad.



Figura 4.24 Pista de arena para evaluar la distribución de la semilla



Figura 4.25 Medición de la tracción que requiere la sembradora

4.6.3 Distribuidoras de fertilizantes

Las fertilizadoras pueden ser de tres categorías, máquinas de ancho completo que incluyen distribuidoras neumáticas, al voleo y distribuidoras conectadas y operando con sembradoras o plantadoras. Todas las máquinas están diseñadas para distribuir cantidades de fertilizantes a tasas pre - determinadas tan uniformemente como sea posible o para ubicar el fertilizante exactamente al lado de las semillas. Las máquinas pueden ser arrastradas por animales o tractores y accionadas por ruedas de tierra o de montaje integral o semi - integral y accionadas por el ETF del tractor.

Los procedimientos de prueba están diseñados para cubrir todo tipo de máquinas con pruebas en laboratorio y a campo. El tipo y condición del fertilizante puede afectar los resultados y debe ser chequeado y especificado en el informe, y solo deben usarse tipos recomendados para la máquina en prueba.

Se pueden hacer mediciones en el laboratorio para examinar el desempeño de los mecanismos dosificadores. Los métodos para determinar los patrones de distribución transversal dependen del tipo de máquinas en prueba.

Cuando las máquinas ponen el fertilizante en hileras se registra la entrega de cada conducto de bajada. Para otras máquinas, el material distribuido será dividido en franjas longitudinales iguales al número de salidas y las cantidades son pesadas. Estos pesos se presentan como un histograma (Fig 4.26) y se registra el porcentaje de variación respecto de la mayor y menor entrega.

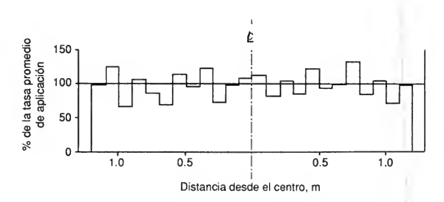


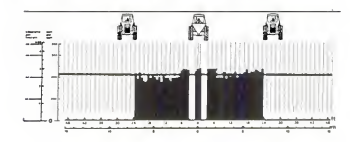
Figura 4.26 Distribución lateral de fertilizante con distribuidor de ancho completo

Las máquinas que distribuyen al voleo son operadas sobre un piso plano a velocidad y dosis normales. Durante la prueba, se recoge el fertilizante en una serie de bandejas colocadas en ángulo recto a la línea de viaje (Fig 4.27). Después de cada prueba, el contenido de cada bandeja es pesado y se grafican histogramas con el patrón de distribución. Si no hay bandejas disponibles, un método alternativo es distribuir el fertilizante sobre un área limpia del piso y luego barrer franjas iguales paralelas a la dirección de avance y pesar las cantidades colectadas.

Usando los resultados de las pruebas de distribución transversal, se pueden hacer histogramas de la tasa total de aplicación en varios puntos de traslape de las pasadas (Fig 4.28). De estos resultados, el ancho óptimo de cada pasada puede ser establecido.



Figura 4.27 Medición de la distribución lateral de una fertilizadora al voleo



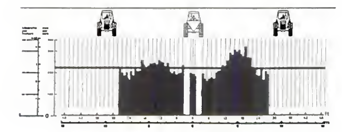


Figura 4.28 Patrones de distribución del fertilizante
Fuente: Culpin, 1982

El histograma indica la tasa total de aplicación en varios puntos a lo largo de la pasada, después del traslape. El histograma de abajo indica (a) el ancho de pasada es muy angosto, causando picos a derecha e izquierda de las áreas de traslape; (b) el pico malo de la derecha se debió a que el fertilizante fue lanzado más lejos hacia la izquierda que hacia la derecha.

4.6.4 Pulverizadoras de mochila

Las pulverizadoras y nebulizadoras de mochila son transportadas por el operador. Las pulverizadoras son operadas a mano y comprenden un estanque con bomba y cilindro para mantener la presión. Las nebulizadoras tienen un pequeño motor para accionar un ventilador que hace pasar aire a través de un tubo y el pesticida es inyectado desde el estanque a través de una boquilla variable hacia la corriente de aire.

En pulverizadoras que requieren operación continua, la eficiencia del bombeo es importante desde el punto de vista de la exactitud de aspersión y ergonomia. Se realiza una prueba para determinar la relación entre el volumen de fluído descargado y el del desplazamiento del pistón o émbolo. Cuando las pulverizadoras tienen estanques con presión externa ellos deben ser probados para seguridad.

La entrega de cada boquilla se determina midiendo el volumen total pulverizado en un tiempo dado. Se hacen pruebas con varias boquillas y presiones de salida, con un manómetro instalado tan cerca de la boquilla como sea posible (Fig 4.29).



Figura 4.29 Medición de la presión y entrega de la boquilla

El patrón de distribución de la boquilla se establece usando un "Paternador" de medición (Fig 4.30), que consiste de canales que colectan el líquido en cilindros graduados para medir la cantidad recolectada en cada canal. La observación del nivel del líquido mostrará el "patrón" de distribución (Fig 4.31). Se hacen mediciones del volumen de líquido en cada cilindro.

Se hacen pruebas a varias presiones y alturas de las boquillas sobre los canales y se grafican histogramas de distribución como muestra la Fig 4.32.

La tasa de entrega de los nebulizadores motorizados se establece colocando un volumen conocido en el estanque y, con el motor girando a la velocidad recomendada, midiendo el tiempo que toma emitir el contenido total. Se hacen pruebas de repetición con varias boquillas y regulaciones.



Figura 4.30 Uso del "Paternador" de distribución de la pulverización

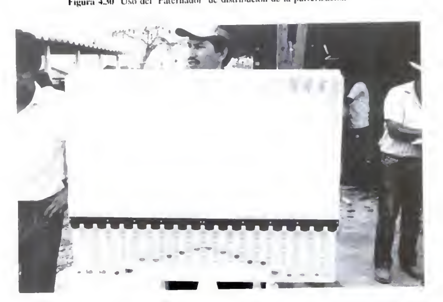


Figura 4.31 Patrón de distribución de una boquilla pulverizadora

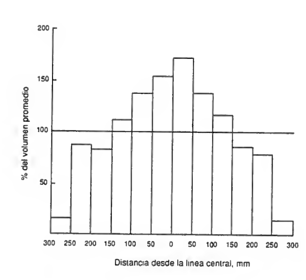


Figura 4.32 Histograma de distribución de la pulverización

El alcance horizontal y distribución del pulverizado son medidos ubicando tarjetas como muestra la Fig 4.33. Se pulveriza un liquido teñido por 5 s y luego se examinan las tarjetas. Las pruebas deben hacerse en un ambiente sin viento con varios ajustes de la boquilla. Un método alternativo simple es pulverizar líquido limpio sobre un piso de concreto para medir las distancias de distribución. El lanzamiento o alcance vertical se mide ubicando tarjetas en una cuerda que puede levantarse como muestra la Fig 4.34; La boquilla es ubicada en un ángulo y las mediciones se hacen tal como para el horizontal.

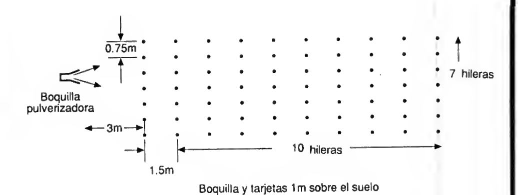


Figura 4.33 Distribución de las tarjetas para las pruebas de lanzamiento horizontal

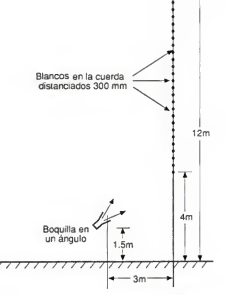


Figura 4.34 Distribución de las tarjetas para las pruebas de lanzamiento

El consumo de combustible del motor se establece midiendo el tiempo que toma al motor consumir una cantidad conocida de combustible. El acelerador debe mantenerse totalmente abierto y la pulverizadora regulada para entregar la dosis máxima. El nivel máximo de ruido se mide junto al oído del operador con el motor funcionando tal como para la prueba de consumo de combustible (Fig 4.35).



Figura 4.35 Prueba de nivel de ruido

4.6.5 Pulverizadoras de campo

Las pulverizadoras de campo pueden ser integrales o de arrastre y consisten básicamente de un estanque y una bomba que entrega líquido a través de una válvula de control a una barra porta boquillas. Ellos están diseñados para aplicar la tasa requerida de producto químico a varios tipos de cultivos.

El abastecimiento de líquido a las boquillas dependerá de la velocidad de la bomba principal y de la presión en el sistema. Se hacen mediciones de la descarga a varias presiones del sistema con la bomba a la velocidad recomendada y con el estanque principal lleno hasta la mitad. Se pueden usar contenedores calibrados para este propósito.

Los patrones de descarga y de distribución de boquillas individuales a varias alturas pueden obtenerse usando el método descrito para Pulverizadoras de Mochila. La descarga total de la barra se mide usando contenedores calibrados bajo cada boquilla (Fig 4.36). El ancho de aplicación de cada pasada es igual al número de boquillas multiplicado por el espaciamiento entre boquillas en metros.

También se determina el patrón del distribución para toda la barra porta boquillas. Para ello se usa el "Paternador" y si no fuese suficientemente ancho se hace por secciones. Cuando se hacen las mediciones todas las boquillas deben están trabajando (Fig 4.37).



Figura 4.36 Medición de la descarga de la barra pulverizadora



Figura 4.37 Medición de la distribución de toda la barra

4.6.6 Bombas manuales

Existen bombas operadas manualmente disponibles en varios diseños con bombas que actúan verticalmente, horizontalmente y semi - rotatorias. La operación puede ser por palanca manual, pedal(es) para el pie o una combinación de ambos.

La altura de la bomba sobre la fuente de agua y la altura de la salida del agua afectará el desempeño de la bomba como también su tasa de operación. La tasa de bombeo será una función de la habilidad del operador para operar consistentemente sobre un período razonable. Las pruebas son diseñadas, por lo tanto, para incluir estas variables y estimar su efecto sobre el desempeño de la bomba. Para las pruebas, la bomba se instala de tal manera que se pueda cambiar la altura mientras que opera normalmente (Fig 4.38) y se pueda medir la descarga en un contenedor calibrado. Las curvas típicas de desempeño muestran la descarga graficada contra la carga total (Fig 4.39) y contra la tasa de bombeo.



Figura 4.38 Prueba de una bomba manual

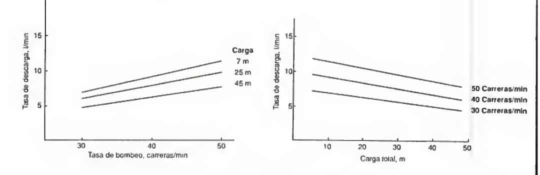


Figura 4.39 Curvas típicas de descarga de una bomba manual para varias cargas y tasas de bombeo
Fuente: World Bank, 1982

La pruebas de desempeño de las bombas no están diseñadas para medir la potencia humana requerida para operarlas. Sin embargo, pruebas prácticas bajo condiciones variables permitirán a los operadores trabajar la bomba por períodos más largos (≥ 1 h) y ello permitirá hacer evaluaciones prácticas y ergonómicas.

4.6.7 Bombas operadas por motor

El objetivo de las pruebas a bombas operadas por motor es establecer su eficiencia midiendo la potencia de salida, calculada a partir de la tasa de salida y carga total y luego compararla con la potencia de entrada. Los métodos para establecer la potencia de entrada desde el motor fueron discutidos en la Sección 4.3. La medición de la potencia de salida de la bomba es discutida en al Sección 4.3.3.2.

4.6.8 Trilladoras y desgranadoras

Las trilladoras y desgranadoras pueden ser operadas manualmente o por motores de combustión interna o eléctricos. Ellas están diseñadas para separar los granos del material cosechado. Las máquinas comprenden dispositivos de alimentación del cultivo, cilindros y discos para trillar y desgranar, y componentes para separar la paja, mazorcas y hojarasca de los granos.

El mecanismo alimentador de las trilladoras puede ser de tipo "sujetador" donde las espigas del cultivo cortado son alimentadas al cilindro trillador mientras que las cañas de paja son sujetadas manual o mecánicamente. En el tipo "lanzamiento al interior" los cultivos cortados son alimentados completamente dentro de la máquina. Las mazorcas completas son alimentadas individualmente o por la tolva hacia las máquinas desgranadoras.

La medición del requerimiento de potencia de la máquina es descrito en la Sección 4.3 (Fig 4.40), y la evaluación de la potencia humana es discutida en la Sección 5.

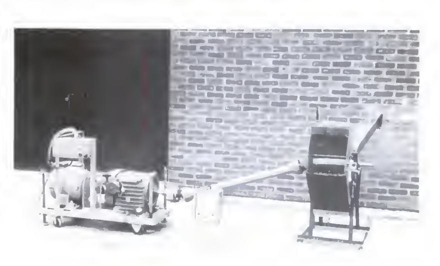


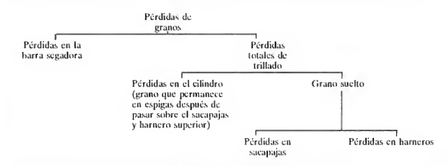
Figura 4.40 Motor eléctrico con torquímetro para medir el requerimiento de potencia de entrada de una trilladora pequeña

La máquina debe operarse por períodos más largos, de al menos 5 h, cuando los operadores pueden hacer observaciones sobre facilidad de alimentación y operación, e instalaciones de salida. También deben hacerse comentarios sobre aspectos de separación, regulación y facilidad de flujo del material a través de la máquina.

4.6.9 Cosechadoras combinadas

La cosechadora combinada es una máquina autopropulsada o de arrastre, diseñada para cortar material de un cultivo en pié y pasarlo a través de la máquina separando el grano de la paja y granzas. El desempeño de una cosechadora combinada está fuertemente influenciado por el tipo y condición del cultivo y la condición y topografía del terreno.

Uno de los criterios más importantes aplicado a las pruebas de cosechadoras es la producción relativa al área cosechada. Ella está limitada por las pérdidas de grano a través de la máquina, que aumentan a medida que aumenta la cantidad de material que pasa por dentro de la máquina y que son definidas como sigue:



Los procedimientos de prueba están diseñados para medir estos factores y evaluar la efectividad de la máquina con varios cultivos, velocidades de avance y cambiando los niveles de material que pasan por dentro de la cosechadora.

Se toman muestras a granel del flujo de salida durante las pruebas y de dividen para obtener muestras de 500 g (Fig 4.41) y determinar el contenido de humedad, daño y contenido de impurezas.

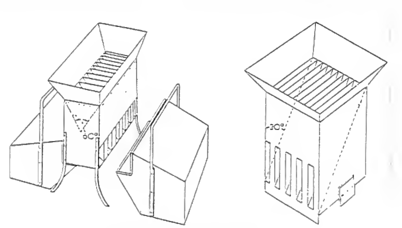


Figura 4.41 Ejemplo de divisores de muestras
Fuente: British Standards Institution, 1992

Las "pérdidas de la barra segadora" se obtienen por comparación del peso del grano dejado en el terreno en un área dada después del corte (Fig 4.42) con el peso promedio de las muestras tomadas en toda el área de prueba no cortada.



Figura 4.42 Medición de las pérdidas de la barra segadora de una combinada

Las pérdidas de trilla son evaluadas separando y recolectando la salida del sacapajas y harneros durante toda la prueba (Fig 4.43)

La paja es pesada y todos los granos sueltos son colectados como "pérdidas del sacapajas". El grano suelto presente en la salida de los harneros es también colectado como "pérdidas de los harneros". Todo grano que permanece en las espigas después de pasar sobre el sacapajas y harneros es trillado (Fig 4.44) y denominado "pérdidas del cilindro". Las pérdidas son expresadas como porcentaje de la salida de grano de la máquina y como peso por unidad de área (kg/ha).

Cuando se debe hacer un gran número de pruebas debe tenerse un equipo para re - trillar en forma continua. La Fig 4.45 muestra una de estas unidades que permite evaluar los 3 tipos de pérdidas simultáneamente. Las lonas usadas para colectar la paja y granza (Fig 4.43) permiten alimentar la máquina por el frente y así colectar los granos sueltos, y el residuo se re - trilla para medir las pérdidas del cilindro.

Si se hacen pruebas a varias velocidades de avance y cantidad de material que entra a la máquina se pueden hacer curvas como las mostradas en la Fig 4.46. Esta información permitirá calificar la cosechadora y compararla con otras máquinas bajo condiciones similares de cultivo y terreno.



Figura 4.43 Recolección de la salida del sacapajas y harneros durante la prueba de una combinada



Figura 4.44 Re - trillado del material para medir las pérdidas del cilindro de una combinada

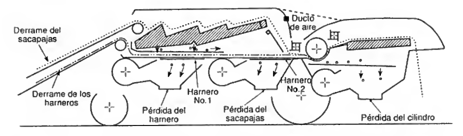


Figura 4.45 Re - trilladora para medir las pérdidas de grano durante la prueba de una combinada

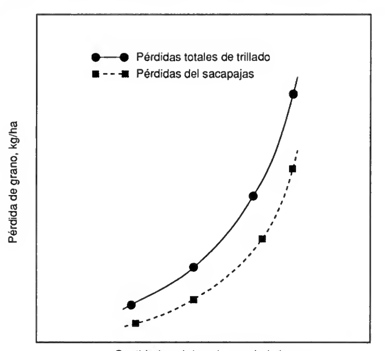


Figura 4.46 Relación entre la cantidad total de paja que pasa por la máquina y las pérdidas de trilla

4.6.10 Carretas de tracción animal

Las pruebas de estas carretas están diseñadas para medir el límite máximo de carga en relación con la capacidad de arrastre de los animales, la forma y firmeza de la construcción de la carreta y la carga sobre ruedas y eje. Se hacen pruebas de impacto diseñadas para aplicar carga tipo golpe a la carreta y también ensayos de arrastre más largo con la carreta cargada a su capacidad límite sobre pistas de prueba. Ensayos de arrastre controlado por períodos más largos y en la granja permitirán observaciones generales sobre averías, reparaciones, regulaciones, estabilidad, confort de operadores y animales, contención de la carga y seguridad.

Como se explica en el Procedimiento de Evaluación de Carretas para Animales (Sección 21) la medición de la fuerza de tracción horizontal puede complicarse por el hecho que la fuerza de tiro resultante del animal no pasa necesariamente a través de la pértiga de tiro. Puede usarse un carrito de arrastre (Fig 4.47) para medir la fuerza de tracción. Este consiste de una estructura rígida conectada a un brazo que pivota libremente vía un dinamómetro. Los puntos de enganche de la pértiga de arrastre y el dinamómetro son ajustables verticalmente para acomodar diferentes diseños. La estructura está montada sobre ruedas y puede ser arrastrada por un tractor.



Figura 4.47 Un carrito de arrastre para medir la componente de tracción horizontal de la fuerza de tiro de un carro

5 EVALUACION ERGONOMICA DEL EQUIPO AGRICOLA

5.1 Introducción

La ergonomía es la ciencia del trabajo. Esta definición general se hace más significativa cuando por ergonomía se entiende que es:

- la aplicación de información científica acerca de los seres humanos, a
- el diseño de objetos, sistemas y ambientes que serán usados por los humanos (Pheasant, 1991).

Por lo tanto, la ergonomía se relaciona con la aplicación de conocimientos y metodología anatómicos, fisiológicos y sicológicos para evaluar y optimizar el rendimiento del trabajo y la salud, seguridad y confort humanos.

Aunque la ergonomía es una ciencia multi - disciplinaria, la ergonomía básica es a menudo vista solamente como "sentido común". Sin embargo, mientras que el sentido común es la opinión subjetiva de un individuo basada principalmente en sus experiencias personales, la ergonomía se relaciona con la aplicación de datos objetivos para un rango de personas que se espera usen un equipo (población o grupo de usuarios). Un enfoque ergonómico también fomenta la evaluación de diseños y evita el peligro de que las "soluciones de sentido común" sean vistas como las únicas soluciones, sin probar su grado de adecuación. Es también esencial recordar que nuestras propias experiencias como ser humano no son necesariamente representativas de aquellas de toda la población y, por lo tanto, es siempre aconsejable usar los hechos científicos y la asesoría profesional antes que la intuición.

El propósito de esta Sección es proveer estos hechos científicos fundamentales junto con principios básicos para que los técnicos puedan realizar evaluaciones elementales pero válidas de equipos simples. Una vez que se ha adoptado el enfoque ergonómico para el diseño y filosofías de prueba el grupo esperado de usuarios podrá usar los equipos resultantes más productiva y seguramente.

5.2 Características humanas

Los seres humanos actúan como fuentes de potencia y controladores. El equipo que ellos operan debe ser compatible con el tamaño, forma, vigor y sentidos (v.g. visión, audición) de la población de usuarios. Todas estas características cambian durante la vida y pueden alejarse significativamente de las normas para una edad dada, como resultado de una enfermedad o mal nutrición. Es importante recordar que la población usuaria no es necesariamente la misma que la población general asociada (v.g. las mujeres no manejarán tractores).

5.2.1 Tamaño corporal

La ciencia de las dimensiones del cuerpo humano es llamada antropometría. Se requieren muchas dimensiones para describir aproximadamente el cuerpo humano. La Fig 5.1 muestra ejemplos de las principales dimensiones claves y la Tabla 5.1 posee las medidas asociadas para hombres y mujeres adultas alemanes. Los tamaños de los diferentes miembros puede ser también importante: el tamaño de la mano, por ejemplo, debe ser considerado en el diseño y evaluación de herramientas, controles o protecciones de máquinas. Las dimensiones claves de la mano están ilustradas en la Fig 5.2 y en la Tabla 5.2 se dan las medidas asociadas, también para adultos alemanes.

Además de los tamaños del cuerpo, pueden ser importantes las distancias de alcance de manos y pies en la operación de equipos, especialmente unidades grandes, en la posición de pie o sentado. Estas distancias se llaman envolturas de alcance y dependen de las dimensiones del cuerpo y de los rangos de movimiento de los miembros relevantes.

La verificación de la compatibilidad de tamaño entre una herramienta o equipo y el usuario o usuarios es un primer paso obvio en cualquier evaluación ergonómica. Antes de poder hacer una evaluación apropiada se debe disponer de los datos antropométricos relevantes de la población usuaria. Dado que datos antropométricos detallados de las poblaciones de los países en desarrollo están rara vez disponibles, en primera instancia se puede hacer referencia a los datos presentados por Pheasant (1986) para varias nacionalidades del mundo. Las medidas antropométricas pueden tomarse localmente: la Fig 5.3 muestra medición de la estatura en Zimbabwe.

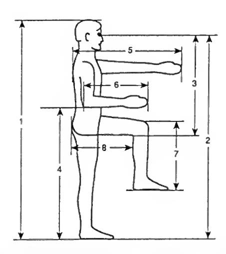
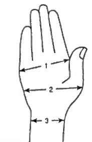


Figura 5.1 Indicación de las medidas (en cm) listadas en la Tabla 5.1 (Después de Kroemer, 1964 citado por Grandjean, 1980)

Tabla 5.1 Medidas indicadas en la Figura 5.1

Medida No.	Parte del cuerpo medida	Hombres		Mujeres	
		Media	Intervalo de confianza de 90%	Media	Intervalo de confianza de 90%
1	Altura de pie	172	160-184	161	150-172
2	Nivel ojos, de pie	161	150-172	150	138-162
3	Nivel ojos, sobre asiento	79	73-85	74	68-80
4	Altura del codo, de pie	106	98-114	97	89-105
5	Alcance frontal	82	75-87	70	63-77
6	Codo a punta de los dedos	47	43-51	42	38-46
7	Planta del pie a rodillas	55	51-59	50	46-54
8	Espalda a hueco de rodilla	50	46-54	46	43-50



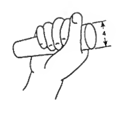


Figura 5.2 Indicación de las medidas listadas en la Tabla 5.2 (después de Jurgens, 1973 citado por Grandjean, 1980)

Tabla 5.2 Medidas indicadas en la Figura 5.2

Medida No.	Parte de la mano medida	Hombres		Mujeres	
		Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza
1	Circumferencia de la mano	21.1	19.3-23.0	18.7	17.5-20.1
2	Ancho de la mano	10.6	9.8-11.3	-	-
3	Circumferencia de muñeca	17.1	15.5-18.8	16.1	14.3-17.9
4	Agarre máximo (cicumferencia)	13.4	12.0-15.3	-	-

Los equipos deben ser adecuados para un rango de personas, no solo para personas con dimensiones promedio. Los datos antropométricos son, por lo tanto, normalmente presentados como medias con desviaciones estándar o valores percentiles. En general, y dado que es razonable asumir que las dimensiones del cuerpo varían de acuerdo con la Distribución Normal, es sencillo calcular una dimensión para una proporción dada de la población. Se acostumbra que un diseño intente satisfacer al 90 o 95% de la población - blanco: las dimensiones críticas son entonces los valores percentiles 5° y 95° o los valores percentiles 2,5° y 97.° respectivamente. Las evaluaciones deben considerar estos aspectos.

5.2.2 Fuerza corporal

La fuerza corporal representa el potencial de la habilidad del cuerpo para ejecutar trabajo mecánico. El trabajo mecánico puede ejecutarse en dos formas. Primero, por el movimiento relativo entre miembros del cuerpo que pueden efectuarse solamente por la tensión y recogimiento de un músculo alrededor de una coyuntura (v.g. codo, rodilla) y acercando más los miembros o segmentos. Segundo, se puede explotar el peso del cuerpo para vencer fuerzas externas, si la postura y tarea lo permiten.

La cantidad de tensión que pueden desarrollar los músculos depende de 3 factores: área seccional del músculo, el grado en que el músculo se ha contraído y la tasa a la cual las fibras musculares individuales pueden re - alimentarse. Aún más, dado que la motivación juega un rol significativo en la activación de las fibras musculares, ello no debe descuidarse.



Figura 5.3 Medición de la estatura

Así la fuerza aparente del cuerpo depende de las circunstancias y es función de la postura y musculatura del cuerpo. Dada esta complejidad, las tablas con datos de fuerza no son tan ampliamente usadas como las tablas de datos de tamaño del cuerpo. Sin embargo, en las Figs 5.4 y 5.5 se presentan indicaciones muy aproximadas de la fuerza del brazo para varias posturas. Note que en la Fig 5.5, la fuerza está expresada en términos de peso del cuerpo.

Se han publicado datos de carga máxima para actividades de trabajo manual (v.g. ver ILO, 1990). Ellos pueden interpretarse, con cuidado, como equivalentes a los datos de fuerza.

Aunque parezca científicamente no objetivo, en muchos casos el medio más efectivo de evaluar las demandas de fuerza humana asociadas con un tarea o herramienta, es a través de la recolección cuidadosa de datos subjetivos. A través de la observación metódica de los usuarios que realizan tareas y la recolección de sus opiniones, se puede agregar a la evaluación esta percepción crucial y valiosa. Debe recordarse que si una herramienta o equipo requiere un esfuerzo considerado excesivo por el usuario, éste no será usado.

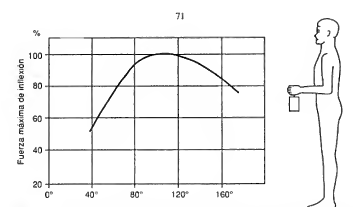


Figura 5.4 Fuerza máxima de inflexión en la unión del codo en relación al ángulo (Después de Clarke *et al.*, 1950 y Wakim *et al.*, 1950 citados por Grandjean, 1980) Note que 100% de la fuerza = 25 kgf = 254 N

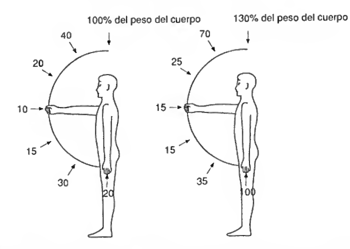


Figura 5.5 Potencia máxima del tiro (izquierda) y empuje (derecha) para un hombre con los pies separados 30 cm. Los valores para los diferentes ángulos se dan en porcentaje del peso delcuerpo. (Simplificado, después de Rohmert, 1966, citado por Grandjean, 1980)

5.3 Demandas energéticas

En la evaluación de equipos, las demandas energéticas sobre los usuarios ejercen una fuerte influencia sobre su aceptabilidad. Los seres humanos derivan la energía usada para trabajar y sus procesos internos de la comida que ingieren. Cuando no hay un balance apropiado, la grasa y tejidos del cuerpo aumentarán o disminuirán, por lo que la nutrición y demanda energética están estrechamente relacionadas.

Como se mencionó antes, se hace trabajo por contracciones musculares: se debe re - alimentar los músculos y eliminar los productos de desecho. Aunque el proceso es muy complejo, la cantidad de trabajo (estático o dinámico), en términos de demanda metabólica puede determinarse con exactitud razonable midiendo el

consumo de oxígeno del cuerpo. Aunque el oxígeno no es el combustible, puede considerarse que 1 litro de oxígeno equivale a 20.7 kJ de energía metabólica. Una forma menos directa pero más simple de evaluar la carga de trabajo es medir el pulso cardíaco. Cuando se convierte la energía metabólica a trabajo externo ("mecánico") (v.g. fuerza x distancia) a través de los músculos, la mayor parte de la energía es liberada como calor: al menos tres unidades de calor por una unidad de trabajo.

5.3.1 Carga de trabajo estática

Una carga de trabajo estática generalmente significa la mantención de una postura fija e incluirá normalmente soportar alguna carga externa (estática). Luego, aunque no se está ejecutando trabajo en el sentido mecánico tradicional (v.g. no se mueve una fuerza a lo largo de una distancia), se impone un estrés fisiológico. Esto puede ser observado y medido a través de un aumento del uso de oxígeno y del ritmo cardíaco.

Muchas cargas de trabajo tienen componentes estático y dinámico y es a menudo útil examinar cada componente separadamente. Un ejemplo típico sería la operación de un pulverizador de mochila cuando la lanza debe ser mantenida en una posición fija. Así, un brazo experimenta una carga estática, mientras que el otro brazo (bombeo) y las piernas (caminando) experimentan cargas dinámicas. También, el mantenimiento de cualquier posición difícil o anormal representa una carga estática.

El soporte de una carga estática, como se muestra en el diagrama de la Fig 5.6 es estresante porque se inhibe la oportunidad de realimentar los músculos. Los músculos que trabajan dinámicamente no son afectados tan seriamente de esta manera porque sus movimientos ayudan la circulación de nutrientes y la eliminación de los productos de desecho.

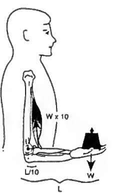


Figura 5.6 Carga estática de soporte de un peso. La tensión en los músculos bíceps neutraliza el peso en la mano del acuerdo al Principio de Momentos.

La medición del consumo de oxígeno está más allá del alcance de evaluaciones ergonómicas simples. Envuelve la recolección de los gases expirados a través de una máscara seguida de un monitoreo de la concentración de oxígeno y tasa de flujo del volumen de aire expirado. Más información sobre la medición del uso de oxígeno puede encontrarse en Wilson y Corlett (1990) o Rodahl (1989).

Es más fácil monitorear el ritmo cardíaco como indicación de la carga de trabajo y puede medirse de varias maneras. Cuando el cuerpo está efectivamente sin movimiento, el método más simple y barato sería una palpación directa. El único equipo requerido sería un reloj o, preferentemente, un cronómetro. Cuando se ha localizado un vaso sanguíneo adecuado se cuenta el número de pulsos sobre un período fijo (se recomienda al menos 20 s), y el resultado se expresa como tasa por minuto. Un método alternativo relativamente barato sería usar un estetoscopio.

Sería preferible generalmente usar equipo que no solo sienta el ritmo cardíaco sino que también lo registre. Esto es más conveniente pero también más caro. Actualmente se comercializa un amplio rango de equipo apropiado para registrar el ritmo cardíaco humano pero no es posible decir aquí cuáles estarán disponibles localmente.

Este equipo normalmente opera usando sensores basados en uno de dos principios: La absorción infra - roja cambiante de una pequeña parte del cuerpo (v.g. dedo, lóbulo de la oreja) cuando ocurre un pulso o la actividad eléctrica generada por el corazón. El equipo de registro es probable que esté dedicado al sensor y puede o no necesitar un computador para interpretar los datos registrados. La Fig 5.7 muestra un trabajador usando un aparato que monitorea el ritmo cardíaco detectando la actividad eléctrica del corazón. El uso del aparato es simple pero se requiere un computador para interpretar los datos.



Figura 5.7 Medición del ritmo cardíaco

El equipo más sofisticado para monitorear la actividad eléctrica del corazón, el electrocardiograma (ecg), no es generalmente apropiado para evaluaciones ergonómicas.

5.3.2 Carga de trabajo dinámica

Carga de trabajo dinámica es el término usado para describir esfuerzos variables o rítmicos, en contraste con el esfuerzo estacionario antes discutido. Una carga dinámica es el efecto combinado de la magnitud del esfuerzo involucrado, la tasa a la cual es aplicado y su duración. Todos estos tres factores aplicados deben considerarse al evaluar la carga. Se puede determinar una carga dinámica en el sentido mecánico convencional midiendo la fuerza aplicada y la distancia a través de la cual se mueve. La demanda energética es el producto de estos dos y la tasa a la cual se degrada la energía entrega la demanda de potencia.

Potencia = Energía /tiempo = (Fuerza x distancia)/tiempo

Se ha aceptado generalmente que la producción de potencia mecánica humana en un día de trabajo es alrededor de 70 W. Sin embargo, este valor probablemente se relaciona más con poblaciones vigorosas y saludables de países desarrollados que con obreros agrícolas de países en desarrollo. La evidencia reciente sugiere que 40 W es un valor más real para los países en desarrollo (Dibbits, 1993).

El nivel de carga dinámica aceptable está influenciado por la duración de la tarea. Sobre periodos cortos la producción de potencia mecánica puede ser mucho mayor, por ejemplo muy aproximado a 3 kW instantáneamente, 1 kW por un minuto o 400 W por una hora (Patrick, 1993).

Para una evaluación ergonómica las demandas de energía y potencia pueden estimarse de dos formas - medición mecánica directa como se discutió antes, y con los efectos que estas demandas tienen sobre el cuerpo humano.

El trabajo físico induce un amplio rango de estreses fisiológicos tales como cambios en la tasa de respiración, consumo de oxígeno, ritmo cardíaco, temperatura del cuerpo, concentración de metabolitos en la sangre, etc. Para evaluaciones ergonómicas simples, el ritmo cardiaco sería la variable más apropiada para monitorear.

Los beneficios de medir el ritmo cardiaco están bien ilustrados por una simple historia en el tiempo de los cambios de ritmo cardiaco asociados con el trabajo muscular (ver Fig 5.8). Si la persona no ha estado físicamente activa por algún tiempo antes de comenzar a trabajar, el ritmo cardíaco estará cerca del nivel de descanso para esa persona. Después que comienza el trabajo el ritmo cardíaco subirá y llegará a un nivel estable a medida que continúa el trabajo. Si no se alcanza este nivel estable, se deduce que la carga es muy alta para que la sostenga esa persona. Al terminar el trabajo el ritmo cardíaco decrece hasta que eventualmente llega al nivel de descanso; este es llamado período de recuperación.

Al evaluar la carga física hay varios otros aspectos del ritmo cardíaco que pueden ser útiles, además de determinar si el ritmo cardíaco de trabajo ha llegado al nivel estable. El ritmo cardíaco de trabajo, si se puede medir (la palpación y los estetoscopios son generalmente poco prácticos) puede relacionarse con el ritmo cardiaco de descanso o con el ritmo cardiaco máximo (v.g. ver Astrand y Rodahl, 1970). La determinación del ritmo cardíaco máximo no es sencilla, de tal modo que para evaluaciones simples el ritmo cardíaco de trabajo puede ser comparado con el ritmo cardiaco de descanso. Como una guía muy aproximada, el ritmo cardiaco de trabajo sobre un periodo sostenido no debe exceder el doble del ritmo de descanso. Para un individuo, el ritmo cardiaco esta estrechamente relacionado con el consumo de oxígeno y así con el gasto de energía metabólica, pero la variación entre individuos y la influencia de otros factores, tales como calor, impide el establecimiento de una relación firme entre ritmo cardíaco y gasto de energía.

Tal como con la determinación de los requerimientos de fuerza asociada con tareas o herramientas específicas, la evaluación subjetiva puede ser útil en el establecimiento de demandas de energía. La determinación de la validez de tales evaluaciones y la interpretación de sus significados están generalmente más allá del alcance de valoraciones simples. Sin embargo, un método para evaluar subjetivamente una carga y su relación con mediciones objetivas, que ha ganado amplia aceptación y es considerado confiable es el de Tasas de Esfuerzo Percibido de Christensen (TEP). Las relaciones aproximadas entre la tasa subjetiva, ritmo cardiaco y otras variables fisiológicas se dan en la Tabla 5.3.

El trabajo causa fatiga en los músculos que trabajan particularmente y en el cuerpo en general. El período durante el cual las variables fisiológicas se ajustan desde los niveles de trabajo a los niveles base es llamado

Tabla 5.3 Metabolismo, respiración, temperatura y ritmo cardíaco como indicadores de carga de trabajo (Después de Grandjean, 1980)

Evaluación de la carga de trabajo	Ritmo cardiaco Pulsos/min	Consumo oxigeno Litros/min	Ventilación de pulmones Litros/min	Temperatura rectal °C
"Muy baja"	60-70	0.25-0.3	6-7	37.5
"Baja"	75-100	0.5-1	11-20	37.5
"Moderada"	100-125	1-1.5	20-31	37.5-38
"Alta"	125-150	1.5-2	31-43	38-38.5
"Muy alta"	150-175	2-2.5	43-56	38.5-39
"Extremadamente alta"	sobre 175	2.5-4	60-100	sobre 39

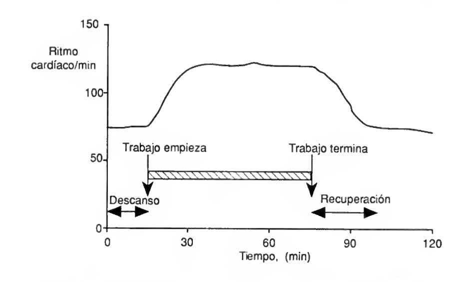


Figura 5.8 Variaciones típicas en el ritmo cardíaco antes, durante y después de trabajar

período de recuperación (v.g. ver Fig 5.8): El largo del período está influenciado por la producción de potencia alcanzada y por el total de energía degradada: esto último probablemente ejerce la mayor influencia sobre el largo del período de recuperación. La manera por la cual decrece el ritmo cardíaco después del trabajo y se acerca al nivel de descanso ofrece una visión de cuán arduo fue el trabajo, o de como el individuo contendió con la carga. El monitoreo del ritmo cardíaco después de trabajar, que puede hacerse por simple palpación o usando un estetoscopio, puede entregar indicaciones muy útiles de las demandas totales del trabajo.

Si se mide el ritmo cardíaco tan pronto cesa el trabajo, aún durante un descanso en el trabajo, se debe enfatizar que este no será el ritmo cardíaco de trabajo. El ritmo cardíaco comienza a disminuir tan pronto la actividad para y el resultado será un ritmo cardíaco cambiante, el cual es difícil de interpretar.

5.4 Factores ambientales

Los factores ambientales incluyen variables termales (tales como temperatura, humedad) calidad del aire, ruido y vibración. El ambiente puede influenciar el rendimiento físico en una tarea en forma directa o indirecta. Por ejemplo, el calor y la humedad pueden reducir la capacidad de trabajo directamente y la contaminación del aire puede afectar el rendimiento físico iniciando una reacción alérgica que inhibe la respiración. El calor también puede afectar la capacidad de trabajo indirectamente a través de la deshidratación.

Los factores considerados en esta Sección son el estrés termal, calidad del aire, ruido y vibración. El estrés termal y la calidad del aire son de mayor relevancia en la evaluación de equipos agrícolas simples. En equipos más complicados, con motor, se debe considerar también el ruido y la vibración.

5.4.1 Estrés termal

Los seres humanos son homotérmicos y sus órganos internos pueden tolerar solo pequeños cambios de temperatura - el rango generalmente aceptado varía entre 36° y 39° C (aunque el rango de confort es considerablemente menor que éste). Como se mencionó anteriormente una unidad de trabajo mecánico significa la generación de al menos tres unidades de energía de calor metabólico. Para evitar estrés de calor, este calor debe eliminarse normalmente hacia el ambiente. Los principales métodos de eliminación de calor son a través de convección y evaporación (del sudor) los cuales se convierten en menos efectivos con el aumento de la temperatura del aire y humedad relativa, respectivamente.

La temperatura corporal es generalmente medida en uno de tres lugares - el recto, el canal auditivo o bajo la lengua - siendo el último de éstos generalmente el más conveniente.

Los aumentos de la temperatura corporal son contrarrestados por un aumento del flujo de sangre hacia las partes periféricas del cuerpo, promoviendo así la pérdida de calor por convección y activación de las glándulas sudoríficas. El aumento del flujo de calor a la piel impone una carga extra al corazón y reduce el envío de sangre a los músculos que trabajan. Ambas reacciones pueden reducir la capacidad efectiva de trabajo y esta reducción es más pronunciada a mayores temperaturas.

En ambientes húmedos el calor no puede evaporarse tan fácilmente y el efecto de enfriado causado porque el cuerpo provee el calor latente requerido para la evaporación, es disminuido. Esto es potencialmente más serio que la disminución de la pérdida convectiva y el cuerpo puede sobrecalentarse rápidamente al punto de insolación (colapso, pérdida de la conciencia). En condiciones severas, la capacidad limitada de las glándulas sudoríficas puede ser el factor dominante y, en el largo plazo, puede ocurrir la deshidratación.

Al evaluar el rendimiento del trabajo humano, especialmente cuando las demandas energéticas son de gran interés, el ambiente termal también debe ser monitoreado. Ello ayudará a evitar la confusión entre estrés de trabajo y termal, especialmente en pruebas comparativas de equipos cuando las condiciones termales pueden variar. Las variables más importantes a medir son la temperatura del aire y la humedad relativa. Por cuanto el movimiento del aire aumenta las pérdidas convectivas y evaporativas de calor, debe medirse la velocidad del aire cerca del área de prueba.

Otros factores que afectan los intercambios de calor humano son los niveles de radiación (infra - roja) media especialmente radiación solar, y aislación de la ropa (lo cual puede ser muy importante en el caso de ropas de seguridad). Si ellos varían durante el curso de pruebas comparativas debe tratarse de cuantificarlos. Se puede encontrar más información en McIntyre (1980) o Kerslake (1972).

El estrés por frío es rara vez un problema con personas activas físicamente, aun en ambientes fríos.

5.4.2 Calidad del aire

Los contaminantes aéreos pueden ser partículas de materia (orgánica o inorgánica) o gaseosas. En la agricultura de campo abierto los contaminantes gaseosos ambientales no son causa de preocupación, a excepción de las emisiones de los motores de combustión interna.

Las partículas de materia son generalmente indeseables por sus efectos dañinos sobre el sistema respiratorio. Puede haber un efecto inmediato sobre la capacidad de trabajo a través de una restricción de la respiración o por un efecto de largo plazo por daño a los pulmones. En ambos casos la capacidad de trabajo es afectada por una reducción al acceso del oxígeno que necesita el cuerpo.

La medición y análisis del polvo y gas ambientales están fuera del alcance de evaluaciones ambientales simples pero es importante destacar que todo equipo que cause deterioro de la calidad del aire será no satisfactorio desde el punto de vista ergonómico.

Se puede encontrar más información en Rodahl (1989) y Matthews y Knight (1971).

5.4.3 Ruido

La fuente de ruido en agricultura se asocia principalmente con el uso de motores y máquinas motorizadas.

La investigación ha establecido que la exposición a un nivel de ruido promedio sobre 80 dBA por un día de trabajo de 8 h puede causar daño a la audición. Es difícil establecer los niveles promedio cuando ocurren variaciones en el ruido durante el periodo de exposición. Se recomienda, por lo tanto, que todo equipo sea diseñado para tener niveles de ruido inferiores a 80 dBA, todo el tiempo.

Si no se puede reducir el nivel de ruido en la fuente, se debe proveer algún medio de protección al operador y hay disponibles varios tipos de protectores del oído.

5.4.4 Vibración

La fuentes de vibración son también asociadas principalmente con implementos y máquinas motorizadas. Existe una diferencia entre la vibración de todo el cuerpo y aquella que afecta a miembros tales como manos y brazos.

Se experimenta vibración de todo el cuerpo cuando se conduce tractores y se viaja en máquinas de arrastre, mientras que la vibración de manos o brazos está asociada con equipo motorizado manual. Los golpes y sacudidas magnificarán los efectos de la vibración de fondo.

Los efectos de la exposición a la vibración varían de acuerdo con su frecuencia (Hz), aceleración (m/s^2) y duración de la exposición. Varian desde nausea a baja frecuencia hasta desórdenes en los huesos por exposiciones largas a frecuencias altas. Se logra la prevención en la etapa de diseño, a través de reducir la transmisión al operador usando materiales amortiguadores, o reduciendo el tiempo de exposición.

5.5 Seguridad y confort

Todo equipo debe diseñarse para que sea seguro y confortable para los posibles usuarios. De lo contrario la productividad y la salud sufrirán.

Sin embargo, la seguridad no es solamente un asunto de diseño, depende de como se usará el equipo. Aún para equipo sencillo ésto puede demandar un entrenamiento de los usuarios. Algunos equipos, cuchillas por ejemplo, no pueden hacerse intrínsecamente seguros pero el diseño debe desalentar el abuso y mal uso y debe mostrársele a los usuarios el método recomendado de operación. El equipo motorizado, en particular, puede ser peligroso y debe evaluarse el diseño por la posibilidad de mal uso por el usuario o por otras personas. Un medio de evaluación útil es la observación de una pequeña muestra de trabajadores usando un equipo en su medio de trabajo (o uno simulado). Estos "ensayos de usuario" permiten al observador

determinar si el equipo está siendo usado tal como se intentó o esperó que se usara. Como resultado, se puede identificar y rectificar fallas del diseño o deficiencias en el entrenamiento. El equipo motorizado que tiene partes en movimiento expuestas debe acompañarse de guardas de protección (proveídas por el abastecedor) y debe evaluarse la efectividad de cualquier aparato de seguridad. Puede haber legislación local relacionada con estos aspectos.

La seguridad y el confort pueden relacionarse con todos los aspectos discutidos antes ya que el equipo que no tiene buena correspondencia con las características y habilidades de los usuarios pueden ser peligroso y poco confortable. Los factores ambientales antes mencionados también están implicados ya que ellos pueden causar incomodidad o daño fisiológico. También debe mencionarse el ambiente visual desde el punto de vista de seguridad. Para realizar tareas productivamente y con seguridad, es esencial tener niveles adecuados de iluminación. Aún más, el uso de color puede ser un método extremadamente útil para codificar, proporcionando contraste visual o llamado de atención (v.g. rojo para peligro). Hay más información disponible en Grandjean (1980) o Matthews y Knight (1971).

Los problemas de incomodidad postural pueden ser razonablemente bien evaluados sobre una base subjetiva usando un "mapa del cuerpo" - ver Fig 5.9. El cuerpo humano, o sus partes, está dividido en secciones y los usuarios del equipo bajo prueba deben indicar cuáles segmentos le causan dolor o incomodidad. Esto puede elaborarse más introduciendo una escala de valores (v.g. 0 a 5 para ausencia de incomodidad e incomodidad severa) o una escala de ubicación y recolectando evaluaciones sobre períodos de tiempo. Se puede encontrar más información en Wilson y Corlett (1990) o Corlett y Bishop (1976). La Figura 5.10 muestra el uso de un mapa del cuerpo.

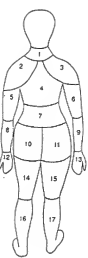


Figura 5.9 Mapa del cuerpo usado para la evaluación de la Incomodidad de Parte del Cuerpo con obreros agrícolas mujeres en Zimbabwe

La forma en que una persona enfoca la seguridad y confort está influenciada por su actitud y estado físico actual. Una persona que está fatigada o cansada cometerá más fácilmente errores de juicio; una persona apurada tomará mayores riesgos; Algunas personas creen que los accidentes solo le ocurren a <u>otras</u> personas.

La imposición de períodos de descanso es bien aceptada en situaciones industriales/fábrica como un método para evitar la fatiga excesiva, sea física o mental, y por lo tanto aumentando los niveles de seguridad y confort con los cuales se trabaja. Para los equipos muy exigentes, la introducción de períodos de descanso, para lograr breves períodos de recuperación, puede mejorar su aceptabilidad. Sin embargo, en la situación agrícola, la naturaleza dispersa de la fuerza laboral y la necesidad ocasional de cumplir plazos impuestos externamente (v.g. por el clima) hacen difícil o poco práctico la imposición de períodos de descanso.



Figura 5.10 Uso del mapa del cuerpo

6 ECONOMIA[1]

La aceptación de una máquina por un agricultor estará influenciada no solamente por sus características técnicas sino que también por su costo y por los beneficios que producirá. La evaluación económica del rendimiento de una máquina es un aspecto muy importante en el proceso de evaluación pero desafortunadamente es con frecuencia descuidada.

El resumen de conceptos simples de análisis económico que se presenta en esta Sección está basado en apuntes preparados por Gwyn Williams para un curso introductivo en economía agrícola (Williams y Sims, 1993).

6.1 Cálculo de costos y beneficios

Un productor que invierte en maquinaria agrícola enfrenta tres costos básicos:

- El costo del capital asociado con la compra
- Los costos de operación y mantenimiento del equipo
- El costo de reemplazo del equipo al final de su vida útil

Los costos, pueden dividirse en dos grupos: fijos y variables. Como vía de ilustración puede tomarse el ejemplo de comprar una rastra de discos de tracción animal que será usada 100 h por año sobre un período de 8 años antes de que sea necesario reemplazarla. En la Tabla 6.1 se presenta un análisis de los costos.

Tabla 6.1 Cálculo de los costos anuales fijos y variables de la maquinaria agrícola. Equipo: rastra de discos de tracción animal.

1. Valor nuevo: $1000	**3. Vida útil: 8 años**
2. Valor residual: $250	**4. Uso anual: 100 horas**
	5. Tasa anual de interés: 14%
6. Costos fijos anuales:	**U$**
Depreciación (VN-VR)/UL	93.75
Interés (VN+VR)/2 x i	87.50
	Sub total: 181.25
7. Costos variables anuales :	
Reemplazar 1 disco @ $20	20.00
Reemplazar 1 rodamiento cada 2 años @ $15	7.50
Mano de obra, soldadura, etc.	15.00
	Sub total: 42.50
Costos horarios fijos y variables:	
Costos fijos/h	1.81
Costos variables/h	0.42
Total CF y CV por hora:	**2.23**

[1] Costos en US$

Costos fijos

En general los costos fijos son independientes de la cantidad de trabajo que una máquina ejecuta por año. Los componentes más importantes son: depreciación e interés pagado por el uso del capital invertido.

La depreciación se calcula dividiendo el precio o valor nuevo (VN) de la máquina por el número estimado de años de vida útil (VU). Si se espera vender la máquina al final de su período de uso, debe estimarse un valor residual (VR). En este caso la depreciación se calcula dividiendo el valor promedio por su vida útil: (VN - VR)/VU. En situaciones de alta inflación es aconsejable revisar el valor cada año y usar un valor real de mercado para VN.

Para el cálculo del interés se asume que el agricultor usa dinero prestado del banco y que la tasa de interés (i) es la tasa actual del mercado. Si el agricultor usa su propio dinero se aplica un costo de oportunidad. Este será la tasa de interés que podría lograrse en el mejor uso alternativo del capital invertido. Como costo de oportunidad mínimo se aplica la tasa actual del mercado.

Una vez que se ha determinado la tasa de interés, se calcula el costo de interés anual como sigue: (VN + VR)/2 x i. Los valores nuevo y residual son sumados ya que juntos representan el capital que no puede ser invertido de otras maneras. La inversión total es dividida por 2 para calcular el costo del interés anual sobre la vida útil.

Costos variables

Los costos variables varían con la cantidad de uso que la máquina recibe. Ellos comprenden los costos de: combustible; lubricantes; repuestos; mantenimiento y tiempo del operador.

La mejor manera de estimar estos costos es mantener un registro de aquellos ya ocurridos en el uso de un equipo similar. Si esta información no existe, como ocurre a menudo, los costos pueden estimarse usando las recomendaciones del fabricante o pautas publicadas. Por ejemplo, la Tabla 6.2 entrega valores sugeridos para reparación y mantenimiento para equipo de labranza y tractores. Hay que ser cuidadoso al usar estas fuentes ya que las condiciones para las cuales ellas son válidas pueden no ser relevantes a un caso dado.

Tabla 6.2 Costos de reparación y mantención como porcentaje del precio nuevo. (Fuente: Hunt, 1973)

Máquina	Costo promedio como % VN/100h
Labranza	
Cultivador	6.0
Rastra de discos	6.5
Arado de discos	4.5
Arado de vertedera	7.0
Rastra de clavos	4.0
Rastra de resortes	6.0
Tractores	
Neumáticos	1.2
Orugas	0.8

De la Tabla 6.2 el costo anual de reparación y mantenimiento de un tractor con neumáticos con un valor nuevo de $ 15 500 y uso anual de 500 h sería: (15 500 x 0,012) x 500 ÷ 100 = $ 930 por año.

Rendimiento económico de la maquinaria

Para usar información sobre costos de maquinaria para análisis de presupuesto, es necesario expresarlos en términos de trabajo hecho. Esto requiere calcular la producción (por ejemplo, en ha/h: kg/h; etc).

Los procedimientos de prueba incluidos en este manual detallan métodos que permiten calcular la producción de la maquinaría mediante pruebas controladas realizadas bajo condiciones reales. Estas permitirán calcular los tiempos requeridos para completar unidades de trabajo y también la capacidad técnica del equipo (profundidad y ancho de trabajo, velocidad de avance, etc). Esta información permite calcular la producción efectiva y teórica y así la eficiencia de la máquina.

La producción efectiva de una máquina se expresa en términos de trabajo completado durante un período de tiempo especificado. La estimación teórica es calculada de los parámetros medidos en el campo, por ejemplo para maquinaria de labranza, la capacidad teórica de campo (CTC) se expresa como sigue:

$$CTC = \frac{W \times V \times 36}{10\,000}$$

Donde:

W = ancho de trabajo, cm

V = velocidad de avance promedio, m/s

La eficiencia de campo se calcula dividiendo la capacidad teórica de campo por la capacidad efectiva medida bajo condiciones reales de la granja:

$$\text{Eficiencia de campo, \%} = \frac{\text{Capacidad efectiva de campo}}{\text{Capacidad teórica de campo}} \times 100$$

Como ilustración, se puede analizar el rendimiento de una operación de labranza con tracción animal. Supongamos que el sistema comprende un arado de vertedera y una rastra de 8 discos cuyas características de rendimiento se muestran en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3 Cálculo de la producción y costos de labranza con un arado de vertedera y rastra de discos de tracción animal

Costo de la mano de obra: $ 6/día
Trabajo diario: 6 h
Costo del equipo (fijos y variables)[2]:
Arado: $ 0.75 x 6 = $ 4.5/día
Rastra: $2.23 x 6 = $13.38/día
Costo animal total: $2.28/día

Operación	Ancho, cm	Velocidad, m/s	Eficiencia de campo, %	Producción, ha/h	Producción, días/ha	Costo total, $/ha
Arado	23	0.80	75	0.05	3.33	43
Disco (x 2)	113	0.71	65	0.19	1.75	38
					Total	81

2 Ver Apéndice 6A

6.2 Presupuestos parciales

Aunque el cálculo de los costos de operación de la maquinaria es posible a través de evaluación de terreno, el efecto de cambios pequeños sobre el sistema de la granja, tales como la adopción de tecnologías alternativas de mecanización, requiere análisis de presupuesto.

Los presupuestos totales de la granja cuantifican la rentabilidad del sistema agrario y de sus componentes y son necesarios cuando se contempla cambios en gran escala del sistema. Los cambios pequeños (tales como cambios de variedad del cultivo, área sembrada o maquinaria empleada) pueden evaluarse usando un presupuesto parcial más simple.

Los presupuestos parciales solo incluyen aquellas variables que cambian con el cambio propuesto. Por ejemplo, un cambio en práctica de labranza no (necesariamente) implica un cambio en tipo o volumen de fertilizante aplicado y así el costo del fertilizante no se incluye en el presupuesto. La forma de presupuesto parcial más simple y útil es aquel que analiza el beneficio neto de un cambio propuesto y es el presupuesto que se considera aquí.

El primer paso en la formulación del presupuesto parcial es describir en detalle el cambio propuesto y anotar la fecha de preparación del presupuesto. El presupuesto comprende cuatro elementos, como sigue:

	Costos		Beneficios
i)	Costos adicionales	ii)	Costos evitados
iii)	Ingreso perdidos	iv)	Ingreso adicional

El impacto del cambio propuesto sobre el beneficio neto se calcula restando los nuevos costos totales de los nuevos beneficios totales. Si los beneficios son mayores que los costos el cambio es ventajoso; si no es así no se recomienda el cambio.

Pudiera ser que algunos de los factores que influyen sobre la decisión de hacer o no el cambio no sean cuantificables fácilmente para incluir en el presupuesto. En este caso se incluye como nota a pie de página un listado de los factores no monetarios. Los ejemplos incluyen: grado de riesgo asociado con el cambio propuesto; cambios en los requerimientos de mano de obra familiar; necesidad de crédito, etc.

Como ejemplo, considere un agricultor que cultiva 10 ha de granos básicos incluyendo 5 ha de arroz. Hasta ahora él ha contratado un tractor y equipo de un empresario local para labranza y siembra del arroz. Ahora que el costo de contratación ha aumentado él sospecha que pudiera ser más rentable hacer su labranza con animales de tiro equipados con equipo de labranza y sembrar a mano. El agricultor se da cuenta que necesitará contratar mano de obra adicional y que su rendimiento de arroz puede sufrir como resultado del cambio de labranza, pero aún así él considera que el cambio puede ser ventajoso.

La Tabla 6.4 muestra el presupuesto parcial para el cambio propuesto. Define la propuesta y luego detalla los costos y beneficios generados y el beneficio neto esperado. También se anotan las consideraciones no monetarias.

Como el agricultor siembra 10 ha de granos básicos solo 50% de los nuevos costos será cargado a la empresa arroz. En el caso de los bueyes, los costos de capital no son incluidos ya que ellos son vendidos posteriormente a un precio igual o mayor que su costo. Por otro lado, los costos del equipo son distribuidos sobre su vida útil proyectada (6 años para el arado y 8 para la rastra de discos), dando una depreciación anual total de $160.42 (Apéndice 6A).

Tabla 6.4 Presupuesto pareial para el cambio de tecnología de labranza y siembra para arroz

Cambio propuesto: Reemplazar tractor contratado, equipo de labranza y sembradora por sistema con tracción animal y manual en 5 ha de arroz.

Fecha: Noviembre 1993

COSTOS, $		**BENEFICIOS, $**	
Costos adicionales anuales		**Costos anuales evitados**	
Depreciación de arado	33.33	**Contración de tractor**	
Depreciaión de la rastra	46.87	Arudura @ $366.14/ha	1830.70
Interés @ 14%	77.75	Siembra @ $182.90/ha	914.50
Operación y mantenimiento			
Arado	28.33		
Rastra	21.25		
Bueyes	123.84		
	Sub total: 331.37		**Sub total: 2754.20**
Mano de obra @ $6/día			
Aradura @ 3.33 día/ha	99.90		
Rastraje @ 2.50 día/ha	75.00		
Siembra @ 1.00 día/ha	30.00		
	Sub total: 204.90		
Semilla @ $75 kg/ha and $1/kg	75.00	Semilla @ $65 kg/ha	65.00
Ingreso perdido anual		**Ingreso adicional**	
5000 kg arroz @ $4.00 kg	20 000.00	4850 kg arroz	19 400.00
COSTO TOTAL	**20 611.27**	**BENEFICIO TOTAL**	**22 219.20**
Benficio neto/ha = Beneficio total - Costos totales = 1607.93			
Beneficio neto/ha = 321.59			

Otras consideraciones:

El cambio propuesto requerirá: i) un aumento de 25 días para completar las operaciones de labranza; ii) terrenos de pastoreo para los animales.

La tasa de interés aplicada supone que el agricultor pide dinero prestado a una tasa anual de 14% para comprar los animales y equipo. Si el agricultor usa su propio capital el cargo también se hace ya que él dejaría de recibir el interés que pudo ganar invirtiendo el dinero. En este caso el ítem aparecería como "ingreso perdido".

6.3 Valores Presente Neto y Flujos de Caja Futuro

Si se depositan $ 100 en una cuenta bancaria que paga 10% anual, después de 1 año el depósito valdrá $ 100 x 1.10 = $ 110. Después de 2 años valdrá $ 110 x 1.10 = $ 121 y así sucesivamente. Después de 5 años valdrá $ 161.

Al revés, si el mismo banco promete pagar $ 161 en cinco años, suponiendo una tasa de interés de 10%, su valor si es pagado hoy día sería $ 100. Como ejemplo, si quisiéramos saber cuanto valdrían hoy $ 1000 a pagar en 5 años a una tasa de interés de 10%, tendríamos que dividir el número por 1.10 cada año como se muestra en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5 Valor Presente de $ 1000 a pagar en 5 años más tarde

Año	Cant. prometida a fin de año, $	Factor de descuento, %	Valor al iniciar el año, $
1998	1000	1.10	909
1997	909	1.10	826
1996	826	1.10	751
1995	751	1.10	683
1994	683	1.10	621
1993	621	1.10	564

Puede verse que $ 1000 en 5 años valdrán $ 621 hoy día a una tasa de descuento de 10%. El cálculo se conoce como flujo de caja descontado y es usado para calcular el valor presente o costo de flujos de caja futuros. Se emplean tablas de interés compuesto y de descuento (v.g.: IBRD, 1973) para facilitar el cálculo de valores presentes.

El valor presente neto (VPN) de ingresos futuros será siempre menos que la suma de corrientes de ingreso futuro con tasa de interés positivo, pero determinar la tasa de interés apropiada puede ser difícil a veces. Un método alternativo de análisis es calcular la tasa de descuento del ingreso futuro para reducir el VPN a cero, esta tasa de descuento se llama tasa interna de retorno (TIR). La TIR puede usarse para comparar el valor de cambios alternativos proyectados; cualquier proyecto es considerado lucrativo si la TIR es mayor que el interés aplicado al capital prestado.

Un ejemplo de uso de los Valores (o Costos) Presente Netos es comparar el costo de comprar y operar una rastra de discos de tracción animal nueva usando capital "propio" o "prestado". La Tabla 6.6 demuestra los posibles costos asociados con estas dos alternativas.

Tabla 6.6 Cálculo del Costo Presente Neto del Capital y Costos de Operación de Maquinaria Agrícola. Equipo: Rastra de discos de tracción animal

i) Compra usando capital propio

Año	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Costo del capital	1000								
Valor residual									-250
Interés perdido @ 7.5%	0	75	75	75	75	75	75	75	75
Costos operacionales									
Reemplazar discos			20	20	20	20	20	20	20
Reemplazar rodamiento			15		15		15		15
Mano de obra			15	15	15	15	15	15	15
Costos anuales	1000	75	125	110	125	110	125	110	-125
Costos descontados	1000	65	95	72	71	55	54	36	-36

Costos Presente Neto **1413**
Factor de Descuento 15.0%

ii) Compra usando capital prestado

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Costo del capital	0	125	125	125	125	125	125	125	125
Valor residual									-250
Interés sobre el prestamo	0	250	219	188	156	125	94	63	31
Custos operacionales									
Reemplazar discos	0	0	20	20	20	20	20	20	20
Reemplazar rodamiento	0	0	15		15		15		15
Mano de obra	0	0	15	15	15	15	15	15	15
Costos anuales	0	375	394	348	331	285	269	223	-44
Costos descontados	0	326	298	228	189	142	116	73	-12

Costo Presente Neto **1360**
Factor de Descuento 15.0%

De este ejemplo y estos supuestos en la Tabla 6.6 se puede concluir que le costará más al agricultor comprar la rastra usando su propio capital ($1413 - $1360 = $53). Sin embargo, si cambian las tasas de interés la situación puede revertirse.

6.4 Variabilidad, riesgo y análisis de sensibilidad

Los agricultores buscan generalmente mejorar sus beneficios netos al mismo tiempo que tratan de evitar el riesgo de fracaso de la empresa. Los investigadores deben tener presente esta actitud cuando proponen recomendaciones a los granjeros dado que retornos altos en promedio no son atractivos si hay un fracaso total en algunos años. El riesgo viene de dos fuentes principales: variabilidad en el rendimientos y precio.

Los efectos de diferentes situaciones posibles de rendimiento y precio pueden cuantificarse a través de un análisis de sensibilidad. Como ejemplo puede analizarse el caso de reemplazar un tractor por potencia animal y humana para labranza y siembra (Sección 6.2). Además de examinar los efectos sobre el beneficio neto de precios de campo y rendimiento de arroz reducidos, la Tabla 6.7 analiza el impacto de mayores costos de la mano de obra.

Tabla 6.7 Análisis de sensibilidad para un cambio de tecnología en labranza y siembra para arroz

	Fuente de potencia					
	Animal	Tractor	Animal	Tractor	Animal	Tractor
	Rendimiento reducido en 25%		Precio diario de mano obra + 50%		Precio del arroz reducido en 33%	
Beneficio bruto	14 550	15 000	19 400	20 000	12 933	13 333
Costos variables	406	2819	406	2819	406	2819
Mano de obra	205		305		205	
Beneficio neto	13 939	12 181	18 686	17 181	12 322	10 514
Beneficio neto marginal	1758		1505		1808	

La sensibilidad a cambios en rendimiento y precio no es muy grande debido al alto costo de contratar el tractor. Por otro lado es más sensible a aumentos de los costos de la mano de obra.

6.5 Presupuesto parcial de punto de equilibrio

El análisis de presupuesto parcial presentado en la Sección 6.2 predice el resultado de los cambios propuestos, sin embargo, como el futuro es incierto muchos de los supuestos son también riesgosos. El presupuesto parcial de punto de equilibrio calcula el valor de parámetros seleccionados que resultará en costos y beneficios iguales. El valor así calculado es conocido como valor de punto de equilibrio, si es mucho más alto o bajo que el valor proyectado la rentabilidad futura (positiva o negativa) puede predecirse con mayor confianza.

Nuevamente el ejemplo usado será el reemplazo de tecnología para establecer arroz, sin embargo, como el área aumentará a 15 ha se propone comprar un tractor y equipo de segunda mano. Ello permitirá labranza y siembra oportuna y realización de trabajo a los vecinos. La decisión de comprar el equipo depende del número de horas de trabajo a los vecinos y a ello se asigna la letra "h" en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8 Presupuesto parcial de punto de equilibrio

Cambio propuesto: Reemplazar un tractor contratado por uno de segunda mano con equipo. Para usarlo en 15 ha de arroz y trabajo a los vecinos por "h" horas al año

Fecha: Noviembre 1993

COSTOS		BENEFICIOS	
Costos adicionales anuales	**$**	**Costos evitados**	**$**
Depreciación del tractor y equipo (VN-VR/VU)	7633	Arriendo de tractor 75 h @ $96/h	7200
Interés (VN+VR)/2 x 14%	10 640		
Operación y mantenimiento (75+h) hora @ $20.80/h	1,560+20.8 h		
Ingreso perdido	**$**	**Ingreso adicional**	**$**
		Arriendo tractor h hora @ $96/h	96 h
Costo total:	**19 833 + 20.8 h**	**Beneficio total:**	**7200 + 96 h**

El ingreso adicional generado es la diferencia entre los beneficios y costos:

Ingreso adicional, $ = 7200 + 96 h - 19 833 - 20.8 h = 75.2 h - 12 633

El valor del punto de equilibrio de "h" está donde los costos son iguales a los beneficios, v.g. el ingreso adicional es cero.

75.2 h - 12 633 = 0
h = 168 horas

APENDICE 6A

COSTOS Y PRODUCCION DE LA MAQUINARIA AGRICOLA

i) Arado de vertedera de tracción animal

Valor nuevo: $400	Vida útil: 6 años
Valor residual: $0	Uso anual: 200 horas
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciación (VN-VR)/VU	66.67
Interés (VN+VR)/2 x i at 14%	28.00
	Sub total: 94.67
Costos variables anuales:	
1 reja @ $30	30.00
1 vertedera @ $70/UL	11.67
Mano de obra y materiales @ $15/año	15.00
	Sub total: 56.67
Costos fijos horario	0.47
Costos variables horario	0.28
Operador @ $1.50/hora	1.50
Costo horario total	**2.26**
Prod. (ha/hour) = (W x V x C x FE)/H[1]	0.05

1. W = ancho de trabajo, 23 cm
V = velocidad de avance promedio, 0.8 m/s
C = factor de conversión, 36
FE = eficiencia de campo, 75%
H = 1 hectárea = 10 000 m^2

Por lo tanto, la producción = (23 x 0.8 x 36 x 0.75)/10 000 = 0.05 ha/h

ii) **Rastra de discos de tracción animal**

Valor nuevo: $1000	Vida útil: 8 años
Valor residual: $250	Uso anual: 100 horas
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciación (VN-VR)/VU	93.75
Interés (VN+VR)/2 x i @ 14%	87.50
	Sub total: 181.25
Costos variables anuales:	
Reemplazar 8 discs/UL @ $20/disco	20.00
Reemplazar 4 rodamientos/VU @ $15/cada uno	7.50
Mano de obra y materiales	15.00
	Sub total: 40.50
Costos fijos horario	1.81
Costos variables horario	0.42
Operador @ $1/hora	1.00
Costo horario total	**3.23**
Prod. (ha/h) = (W x V x C x FE)/H[1]	0.19

1 W = ancho de trabajo, 113 cm
V = velocidad de avance promedio, 0.71 m/s
C = factor de conversión, 36
FE = eficiencia de campo, 65%
H = 1 hectárea = 10 000 m^2

Por tanto, la producción = (113 x 0.71 x 36 x 0.65)/10 000 = 0.19 ha/h

iii) Tractor de 50 kW

Valor nuevo: $24 000	Vida útil: 6 años
Valor residual: $4 000	Uso anual: 500 horas
Tasa de interés: 14%	Precio combustible diesel: $1.78/l
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciación (VN-VR)VU	3333
Interés (VN+VR)/2 x i	1960
	Sub total: 5293
Costos variables anuales:	**$**
Opación y mantenimiento @ 0.85 VN/VU	3400
Combustible 4000 l	7120
	Sub total: 10 520
Costos fijos horario	10.58
Costos variables horario	21.00
Costos horario total	**31.58**

iv) Arado de 4 discos de montaje integral al tractor

Valor nuevo: $4500	**Vida útil: 15 años**
Valor residual: $300	**Uso anual: 175 horas**
Tasa de interés: 14%	**Precio/disco: $20**
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciación (VN-VR)/VU	280.00
Interés (VN+VR)/2 x i	336.00
	Sub total: 616.00
Costos variables anuales:	
Operación y mantenimiento @ 0.05 VN/100 horas	225.75
Costos horarios	
Costos fijos horario	3.52
Costos variables horario	1.29
Costo horario total	**4.81**
Prod. (ha/h) = (W x V x C x FE)/H[1]	0.34

1 W = ancho de trabajo, 91 cm
V = velocidad de avance promedio, 1,3 m/s
C = factor de conversión, 36
FE = eficiencia de campo, 80%
H = 1 hectárea = 10 000 m^2

Por tanto, la producción = (91 x 1.3 x 36 x 0.80)/10 000 = 0.19 ha/h

v) **Rastra de 24 discos de montaje integral al tractor**

Valor neuvo: $6000	Vida útil: 15 años
Valor residual: $400	Uso anual: 150 horas
Tasa de interés: 14%	
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciactión (VN-VR)/VU	374.00
Interés (VN+VR)/2 x i	448.00
	Sob total: 822.00
Costos variables anuales:	
Operación y mantenimiento @ 0.07 VN/100 horas	420.00
Costos horarios	
Costos fijos horario	5.48
Costos variables horario	2.80
Costo horario total	**8.28**
Prod. (ha/h) = (W x V x C x FE)/H[1]	0.97

1 W = ancho de trabajo, 240 cm
V = velocidad de avance promedio, 1.4 m/s
C = factor de conversión, 36
FE = eficiencia de campo, 80%
H = 1 hectárea = 10 000 m^2

Por tanto, la producción = (240 x 1.4 x 36 x 0.80)/10 000 = 0.97 ha/h

vi) **Par de bueyes de tracción**

Valor nuevo: $1000	Vida útil: 5 años
Valor residual: $1000	Uso anual: 850 horas
Tasa de interés: 14%	Prec. del forraje: $0.6/kg
Costo/hora hombre: $1.00	Yugo: $20
Costos fijos anuales:	**$**
Depreciación (VN-VR)/VU	000.00
Interés (VN)/2 x i	70.00
	Sub total: 70.00
Costos variables anuales:	
Alimento suplementario @ 100 kg/buey	120.00
Yugo: 1/3 años	6.67
Arreos y cuerdas @ 0.01 VN/año	10.00
Veterinario @ 0.02 VN/año	20.00
Cuidado @ $1.75 horas/semana	91.00
	Sub total: 247.67
Total costo anual	**317.67**
Total costo horario	**0.38**

SECCION B: PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

7 MEDICION DE POTENCIA

CONTENIDOS

7 MEDICION DE POTENCIA

7.1 Alcance

Estos procedimientos cubren la medición de potencia de motores diesel y de gasolina, tractores y motores eléctricos.

Los procedimientos dan explicaciones de definiciones, términos y métodos de prueba relevantes y prescriben las mediciones que deben ser hechas y ser informadas.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones deben hacerse de tal manera que se juzgue de la mejor forma el comportamiento de la unidad de potencia.

7.2 Motores Diesel y a Gasolina

Estos motores son generalmente usados para proporcionar potencia a tractores y máquinas como molinos, desgranadoras, bombas de agua, plantadoras, cultivadores, cosechadoras y pulverizadoras.

7.2.1 Pruebas de laboratorio

El propósito de estas pruebas es establecer el rendimiento máximo del motor sobre el rango completo de velocidad del motor.

7.2.1.1 Definiciones

7.2.1.1.1 Potencia del motor

La potencia medida en el volante o cigüeñal.

7.2.1.1.2 Velocidad de régimen o nominal

La velocidad del motor especificada por el fabricante para trabajo continuo a carga completa.

7.2.1.1.3 Consumo específico de combustible

La cantidad de combustible consumido por unidad de trabajo. Cuando el consumo es medido como volumen, la masa de combustible por unidad de trabajo puede calcularse usando la densidad correspondiente a la temperatura a la cual la medición fue hecha.

7.2.1.1.4 Depresión del múltiple

La presión medida en el múltiple de admisión de un motor encendido por chispa en un punto corriente abajo del carburador.

7.2.1.1.5 Freno

Una forma de aplicar una carga controlable al eje de salida del motor.

7.2.1.1.6 Dinamómetro

Un instrumento para medir la fuerza ejercida por el freno en el eje de salida del motor.

7.2.1.2 Procedimiento de prueba

7.2.1.2.1 Equipo de prueba

El motor debe ser acoplado a un freno adecuado incorporando un medidor de torque o con un torquímetro instalado en la línea de transmisión. Medios para medir velocidad del motor, consumo de combustible, presión de vacío del múltiple (donde sea necesario), temperaturas del motor y medio ambiente deben ser provistos.

7.2.1.2.2 Ajustes preliminares

Si el motor es nuevo debe ser asentado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El regulador de la bomba de combustible o carburador debe ser ajustado según las recomendaciones del fabricante para la aplicación específica.

7.2.1.2.3 Método de prueba

Donde se tenga control por medio del regulador, éste debe ser probado en la posición de abertura completa como se recomendó en 7.2.1.2.2.

Después de un período inicial de calentamiento para que las condiciones de funcionamiento se estabilicen, se establece la potencia máxima, la velocidad correspondiente del motor y el consumo de combustible.

Con carga completa aplicada, se hacen las mediciones a velocidades variables del motor hasta una menos que aquella a la cual ocurre el torque máximo.

La curva del regulador es establecida tomando lecturas de velocidad con variaciones de la carga entre potencia máxima y sin carga.

En cada uno de los puntos tomados como se indicó antes, se toman lecturas de velocidad del motor, torque y consumo de combustible solo cuando las condiciones se han estabilizado.

También se registran las temperaturas del motor, combustible y ambiental. Las pruebas deben ejecutarse continuamente.

7.2.1.2.4 Resultados

Los resultados registrados permitirán graficar las curvas de rendimiento de torque, potencia y consumo de combustible en relación con la velocidad del motor (ver Apéndice 7A), y presentar en forma de tabla (ver 7.2.1.3.3).

7.2.1.3 Informe

7.2.1.3.1 Fotografía

Debe proporcionarse una foto mostrando los principales detalles del motor.

7.2.1.3.2 Especificaciones

Marca:	
Modelo:	
Nº de serie:	
Nombre y dirección del fabricante:	
Nº de cilindros:	
Capacidad:	cm^3
Sistema de enfriamiento:	
Velocidad de régimen del motor:	rev/min
Velocidad del motor sin carga:	rev/min
Regulación del fabricante para bomba de combustible o carburador:	
Potencia nominal según fabricante:	kW

7.2.1.3.3 Resumen de resultados y condiciones de las pruebas

Potencia kW	Velocidad del motor rev/min	Consumo de Combustible			Temperaturas			Condiciones ambientales	
		por hora		espf	Ref.	Comb.	Aire de entrada	Temp.	Pres.
		l/h	kg/h	g/kWh	°C	°C	°C	°C	mm Hg
Potencia máxima									
Velocidad de régimen del motor									
Torque máximo									
Sin carga									

7.2.1.3.4 Curvas de comportamiento
(ver Apéndice 7A)

7.2.1.3.5 Reparaciones y ajustes
Comentarios

7.2.2 Pruebas de campo

Durante el trabajo de campo se requiere a menudo medir la potencia que el motor desarrolla. Hay varios métodos para hacerlo.

7.2.2.1 Potencia en el eje de salida

Se instala un torquímetro entre el eje de salida del motor y el eje de entrada a la máquina. Con la máquina funcionando normalmente, se mide el torque, velocidad y consumo de combustible como se describió en 7.2.1.

Debe hacerse cálculos de la potencia del motor y requerimientos del consumo de combustible para varias condiciones de trabajo de la máquina.

7.2.2.2 Estimación de la potencia

Si no es posible instalar mecánicamente en la línea de transmisión un instrumento de medición, puede usarse uno de los siguiente métodos para estimar el requerimiento de potencia.

7.2.2.2.1 Vacío del múltiple de admisión (solo motores a gasolina)

Debe obtenerse primero la relación entre potencia y vacío en el múltiple de admisión mediante prueba estándar con dinamómetro (7.2.1).

Primero se gráfica la curva completa potencia/velocidad y se mide la depresión en el múltiple conectando un manómetro apropiadamente. Se repite la prueba para una serie de posiciones del acelerador hasta que se cubra el rango de trabajo del motor. El Apéndice 7B muestra una calibración para 6 posiciones del acelerador, y se grafican curvas de igual vacío en el múltiple (mm de agua) dando líneas aproximadamente

horizontales. Medidas del vacío y velocidad del motor en el campo permitirán estimar la potencia con referencia a las curvas de calibración.

7.2.2.2.2 Temperatura de los gases de escape

Con un método muy similar al descrito en 7.2.2.2.1 se puede calibrar la temperatura de los gases de escape contra la potencia producida. Se puede usar una termocupla apropiada (v.g. fierro- constantano o cromo-aluminio) insertada en el múltiple de escape para medir la temperatura. Las temperaturas de los gases de escape pueden ser graficadas con las curvas potencia/velocidad como en el caso del vacío en el múltiple.

Se produce una familia de curvas para una serie de posiciones del acelerador o regulador.

Se puede obtener una aproximación a la potencia producida en el campo midiendo la temperatura de los gases de escape y velocidad del motor y refiriéndose a la curva de calibración.

7.2.2.2.3 Consumo de combustible

Si el consumo de combustible es graficado en curvas de potencia/velocidad, como en el caso del vacío del múltiple (7.2.2.2.1) y temperatura de los gases de escape (7.2.2.2.2) y se repite la calibración con varias posiciones del acelerador o regulador, luego la potencia producida en el campo puede ser estimada midiendo el consumo de combustible, la velocidad del motor y refiriéndose a la gráfica de calibración.

Se debe instalar un medidor de flujo en la línea de combustible de tal manera que la línea de retorno de los inyectores en un motor diesel no sea incluida en la lectura de consumo de combustible.

7.3 Tractores

El tractor agrícola está diseñado para transportar o transmitir potencia a herramientas o máquinas y cuando sea necesario operarlos en forma estacionaria o en movimiento. Las formas más comunes de transmitir potencia son el eje toma fuerza, el sistema hidráulico y la barra de tiro.

7.3.1 Definiciones

7.3.1.1 Potencia al eje toma fuerza

La potencia medida en cualquier eje diseñado por el fabricante como una toma de fuerza.

7.3.1.2 Potencia hidráulica

La potencia disponible desde el sistema hidráulico del tractor en cualquier conexión apropiada suministrada por el fabricante para propulsar motores o cilindros hidráulicos externos.

7.3.1.3 Potencia a la barra de tiro

La potencia disponible en la barra de tiro sostenible por una distancia mínima a 20 metros.

7.3.2 Potencia en el eje toma fuerza

7.3.2.1 Prueba de laboratorio

7.3.2.1.1 Método de prueba

El tractor es acoplado a un freno adecuado que tenga incorporado un torquímetro, por eje de transmisión o con un torquímetro instalado en la línea de transmisión.

Deben aplicarse todos los requerimientos de equipo de prueba, ajustes y métodos dados para motores (7.2.1.2).

Los resultados registrados permitirán graficar curvas de rendimiento como muestra el Apéndice A excepto que el torque será el torque equivalente del cigüeñal. Este es calculado desde el torque medido en el eje toma fuerza y la relación entre la velocidad del motor y del eje toma fuerza. Luego se tabulan los resultados (ver 7.3.2.1.3.3.

7.3.2.1.2 Informe

7.3.2.1.2.1 Fotografía

Debe proporcionarse una fotografía que muestre los detalles principales del tractor.

7.3.2.1.2.2 Especificaciones

Marca:
Modelo:
Serie Nº:
Nombre y dirección del fabricante:
Motor:
Tipo:
Nº de cilindros:
Sistema de enfriamiento:
Velocidad de régimen: rev/min
Velocidad sin carga: rev/min
Ajuste de fábrica de la bomba de combustible o carburador:
Potencia nominal según fabricante: kW
Potencia en el eje toma fuerza: kW
Tamaño del eje toma fuerza: mm día
Nº de estrías o ranuras:
Velocidad a la velocidad de régimen del motor: rev/min

7.3.2.1.2.3 Resumen de resultados y condiciones de prueba

Potencia kW	Velocidad rev/min		Consumo de combustible			Temperaturas			Condiciones ambientales	
	Motor	ETF	por hora		esp.	Ref.	Comb.	Aire de entrada	Temp.	Pres.
			l/h	kg/h	g/kWh	°C	°C	°C	°C	mm Hg
Potencia máxima										
Velocidad de régimen del motor										
Torque Máximo										
Sin carga										

7.3.2.1.2.4 Curvas de rendimiento (ver 7.3.2.1.2 y Apéndice 7A)

7.3.2.1.2.5 Reparaciones y ajustes
Comentarios

7.3.2.2 Pruebas de Campo

Los tractores son usados para accionar máquinas estacionarias e implementos de labranza a través de ejes toma fuerza. La potencia requerida para operar estas máquinas puede medirse o estimarse usando los métodos dados para motores (ver 7.2.1 y 7.2.2).

7.3.3 Potencia Hidráulica

7.3.3.1 Equipos de prueba y arreglos

Se toma aceite de una llave externa del tractor usando una cañería tan larga como sea posible la cual debe pasar por una válvula de control a un medidor de flujo adecuado y luego el aceite regresa a su reservario en el tractor. Un manómetro deberá ser conectado a la cañería tan cerca como sea posible a la salida de aceite del tractor. Se debe medir la temperatura del aceite en el reservorio.

Debe notarse que algunos modelos de tractores están equipados con un sistema hidráulico de centro cerrado. En este caso, se requiere que el medidor de flujo soporte la presión de la bomba auxiliar porque el retorno del aceite estará conectado apretadamente.

7.3.3.2 Método de prueba

Se pone a trabajar el motor del tractor con el acelerador totalmente abierto y la bomba hidráulica funcionando. Se aplica presión al sistema a través de la válvula para calentar el aceite en el reservorio del tractor hasta 60 - 70°C.

Después se toman medidas del flujo de aceite a varias presiones, desde la menor hasta la máxima sostenible por la válvula de alivio abierta.

7.3.3.3 Resultados

Los resultados registrados permitirán calcular la potencia hidráulica y obtener así las curvas de flujo de aceite y potencia en relación a la presión del sistema. Se dan ejemplos en el Apéndice 7C y se resumen en el informe.

7.3.3.4 Informe

7.3.3.4.1 Fotografía

Ver 7.3.2.1.3.1

7.3.3.4.2 Especificaciones

Como en 7.3.2.1.3.2 más lo siguiente:

Sistema Hidráulico

Tipo:
Presión de la válvula de alivio:
Tipo, número y ubicación de los llaves de salida:

7.3.3.4.3 Resumen de resultados

Potencia hidráulica máxima:	kW
Presión correspondiente:	bar
Flujo de aceite correspondiente:	l/min
Flujo a presión mínima:	l/min
Presión máxima sostenida por la válvula de alivio:	bar

7.3.3.4.4 Curvas de rendimiento (ver -Apéndice 7C)

7.3.3.4.5 Reparaciones y ajustes
Comentarios

7.3.4 Potencia a la barra de tiro

7.3.4.1 Definiciones

7.3.4.1.1 Fuerza de tracción

Es la fuerza ejercida en la barra de tiro del tractor por la carga que está siendo arrastrada. La fuerza es medida instalando un dinamómetro entre la barra de tiro del tractor y la carga.

La línea de tracción debe ser horizontal pero si esto no es posible, debe medirse al ángulo de tiro y calcular el tiro horizontal con la fórmula siguiente:

Tiro horizontal = fuerza de tiro medida x coseno del ángulo

7.3.4.1.2 Velocidad

Si se registra el tiempo que requiere el tractor para mover una carga una distancia medida al establecer el patinaje, puede calcularse la velocidad de avance verdadera.

7.3.4.1.3 Pérdida de potencia

Hay dos razones por las cuales un tractor pierde potencia bajo una carga creciente a la barra de tiro. En las marchas bajas es debido al excesivo patinaje y con marchas altas a que la velocidad de motor decrece a un nivel menos que aquella a la de torque máximo (ver diagrama Apéndice 7D).

7.3.4.2 Condiciones y Equipo de Prueba

7.3.4.2.1 Condiciones de la superficie

Las pruebas de la barra de tiro pueden ejecutarse sobre una variedad de superficies consistentes con el uso del tractor, tales como pradera, rastrojo o terrenos cultivados. El sitio elegido para las pruebas debe estar nivelado y con cubierta superficial pareja. Debe incluirse una descripción del terreno en el informe y tipo de cobertura superficial.

7.3.4.2.2 Ruedas y lastre

Las ruedas y neumáticos para el tractor deben seleccionarse de las especificadas por el fabricante del tractor.

Los neumáticos deben ser nuevos.

Se puede añadir pesos de lastre al tractor solo si ellos están disponibles comercialmente y se puede agregar agua a los neumáticos. El lastrado y presión de inflado de los neumáticos debe ser consistente con las recomendaciones del fabricante.

7.3.4.2.3 Barra de tiro

La altura de la barra de tiro puede ajustarse dentro de un rango pero debe permanecer en la posición seleccionada durante la prueba. La altura será seleccionada de tal manera que siempre se pueda controlar la dirección del tractor y P x H nunca debe exceder 0.8 x W x Z. Esto asegura que al menos 20% de W es mantenido en las ruedas frontales.

Donde: P = fuerza máxima a la barra de tiro
H = altura estática de la línea de fuerza
W = peso estático de las ruedas frontales en el terreno
Z = distancia entre ejes

7.3.4.2.4 Carga a la barra de tiro

Para los propósitos de la prueba, la carga aplicada a la barra de tiro debe ser controlable y cubrir el rango total de fuerza del tractor bajo prueba.

Un método conveniente es usar otro tractor de motor y peso comparables, con un enganche delantero ajustable para remolcarlo. Con relación similar de engranaje al tractor que está siendo remolcado, el uso del acelerador permitirá variar las cargas aplicadas.

7.3.4.2.5 Consumo de combustible y temperaturas

Pueden proveerse medios para medir el consumo de combustible como en la pruebas de potencia de los motores. Se mide la cantidad de combustible usado durante la realización de la prueba. También se medirán las temperaturas del combustible, del motor y ambiental.

7.3.4.3 Método de Prueba

Con el tractor totalmente equipado, se harán mediciones para establecer el peso sobre los ejes, la distancia entre ejes, y el ajuste de la barra de tiro.

Después que el tractor se ha calentado y con el acelerador abierto a su máxima posición, se verifica que la velocidad máxima del motor sin carga corresponde con las recomendaciones del fabricante.

Se hacen pruebas en cada marcha de trabajo con el acelerador en su máxima posición y variando la carga a la barra de tiro para poder graficar las curvas de rendimiento (ver ejemplo en el Apéndice 7D).

Para cada punto de la curva, cuando se ha establecido la carga a la barra de tiro, se registran el tiempo y la distancia para 5 revoluciones de las ruedas motrices. Luego se calcula la potencia y el patinaje.

Mediciones del consumo de combustible en las marchas más altas ayudarán a establecer si se ha alcanzado la potencia máxima.

7.3.4.4 Resultados

Junto con las curvas de rendimiento los resultados son resumidos a la forma de tablas en el informe, incluyendo anotaciones sobre ajustes necesarios o reparaciones realizadas.

7.3.4.5 Informe de la Prueba

7.3.4.5.1 Fotografía

Deberá incluirse una fotografía mostrando los detalles principales del tractor.

7.3.4.5.2 Especificaciones

Marca:
Modelo:
Tipo:
Serie Nº:
Nombre y dirección del fabricante:

Motor:

Tipo:
Nº de cilindros:
Capacidad: cm³
Sistema de enfriamiento:
Velocidad de régimen: rev/min
Ajuste de fábrica de la bomba de combustible o carburador:
Potencia nominal según fabricante: kW

Transmisión

Tipo:
Nº de marchas en la caja de cambios:
De avance:
De retroceso:

Relaciones de engranajes y velocidades de avance

Marcha Número	Grupo o rango	Número de revoluciones del motor por cada revolución de las ruedas motrices	Velocidad nominal de avance* a la velocidad de régimen del motor de .... rev/min, km/h

* Calculada con un índice de radio dinámico del neumático de ___mm. (ISO 4251/1- 1984)

Barra de tiro

Altura sobre el suelo - máxima: mm
- mínima: mm

Distancia al centro de la rueda trasera: mm

7.3.4.5.3 Condiciones de la prueba

Tractor

Ruedas

Delanteras - tamaño:
- presión: bar

Traseras - tamaño
- presión: bar

Peso

Eje delantero: kg
Eje trasero: kg
Total: kg

Lastre instalado

Delantero: kg
Trasero: kg
Distancia entre ejes: mm
Altura de la barra de tiro sobre el suelo: mm

Parcela

Ubicación:
Descripción del suelo:
Labranza previa:
Residuo del cultivo
Lectura promedio del esfuerzo de cizalle:

7.3.4.5.4 Resumen de resultados de la prueba

Potencia máxima

Marcha	Pot. kW	Correspondiente			Patinaje de las ruedas motrices %	Cons. de combustible		Temperatura, °C			Presión atmosférica mm Hg
		Tiro N	Velo. km/h	Velo. del motor rev/min		kg/h	g/kWh	Comb.	Refri	Ambiente	

7.3.4.5.5 Curvas de rendimiento (ver Apéndice 7D)

7.3.4.5.6 Reparaciones y ajustes:
Comentarios

7.4 **Motores Eléctricos**

Motores eléctricos monofásicos y trifásicos son usados para accionar maquinaria como molinos, desgranadoras, trilladoras y bombas de agua.

Son esencialmente máquinas de velocidad constante y su rendimiento máximo es normalmente especificado por el fabricante. Sin embargo, puede ser necesario determinar la potencia requerida para impulsar una máquina en particular.

7.4.1 Potencia al Eje de Salida

Se instala un torquímetro entre el eje de salida del motor y el eje de entrada de la máquina. Con la máquina operando normalmente se miden el torque y la velocidad para calcular la potencia.

7.4.2 Potencia de Entrada al Motor

Si no es posible mecánicamente instalar un dispositivo de medición en la línea de transmisión es posible medir la potencia eléctrica requerida por el motor.

Para ello, se instala un wattímetro adecuado entre la fuente de potencia y el motor. La conexiones eléctricas deben hacerse como indica el fabricante del instrumento en su manual de instrucciones.

Se hacen la mediciones de potencia con la máquina operando normalmente.

7.4.3 Informe

7.4.3.1 Especificaciones

Marca:
Tipo:
Nombre y dirección del fabricante:
Voltaje:
Monofásico o trifásico:
Velocidad de régimen: rev/min
Potencia nominal: kW

7.4.3.2 Resultados

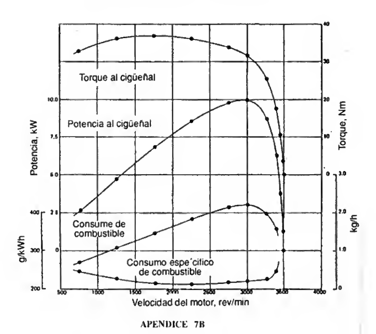
Calibración de la máquina	Velocidad de la flecha, rev/min	Potencia Salida/entrada, kW

7.4.3.3 Reparaciones y ajustes

Indicaciones

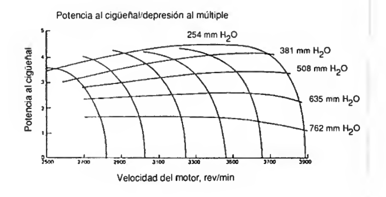
APENDICE 7A

CURVAS DE RENDIMIENTO DEL MOTOR



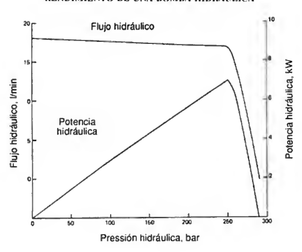
APENDICE 7B

POTENCIA AL CIGÜEÑAL/DEPRESION AL MULTIPLE



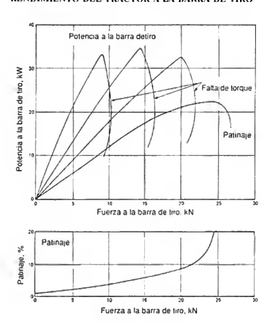
APENDICE 7C

RENDIMIENTO DE UNA BOMBA HIDRAULICA



APENDICE 7D

RENDIMIENTO DEL TRACTOR A LA BARRA DE TIRO



8 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LOS ANIMALES DE TRACCION

CONTENIDOS

8 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LOS ANIMALES DE TRACCION

8.1 Introducción

La medición del rendimiento de los animales de tracción es complicada por la variabilidad entre ellos y con los mismos animales según su estado físico y mental. Por esto la capacidad de un animal no puede expresarse en los mismos términos que en los tractores (ver Sección 7), y su rendimiento varía de acuerdo con el largo y severidad del trabajo ya realizado.

El procedimiento explica las definiciones y términos empleados y describe los métodos para medir la potencia desarrollada sobre períodos de trabajo relativamente cortos; y la desarrollada sobre períodos de mayor duración.

8.2 Descripción de los Animales

La raza del animal, su edad, estado físico, nutrición, peso corporal, etc. tienen un efecto profundo sobre su comportamiento en trabajo y esta información debe ser registrada.

8.2.1 Selección de los animales de prueba

Para cada raza a ser probada se seleccionan animales bien alimentados, saludables y de tamaño típico. Los resultados de las pruebas con estos animales serán considerados la norma para la raza.

Después se realizarán pruebas con un rango de animales de la misma raza representativos de la población de animales usados para el trabajo agrícola en la región.

8.2.2 Condición física

Aunque existen métodos para describir la condición física de los animales, éstos requieren por lo general un conocimiento profundo de la fisiología de los animales. Por ejemplo, Pullan (1978) sugiere 6 categorías para bovinos según su grado de demacración. Para el presente procedimiento se recomiendan 3 categorías:

1: Animales demacrados con ausencia de grasa subcutánea, costillas visible y las vértebras se sienten afiladas al tacto.

2: Animales en condición normal para la estación. La condición "normal" variará según la estación, por ejemplo: al final de la estación de sequia podría ser que la condición normal sea un poco demacrada; mientras que al final de la época de lluvias los animales probablemente estarán gordos.

3: Animales gordos. No se sienten las vértebras aún bajo bastante presión de la mano y los animales tienen cuerpos "llenos".

Se anotará cualquier presencia de enfermedades u otra anomalía detectada.

8.2.3 Peso

Los animales de tracción deben ser pesados. Si no es posible hacerlo directamente será necesario estimar el peso corporal (ver Sección 4.5).

8.3 Descripción de Yugos y Arneses

El yugo o arnés usado por el animal de tracción puede tener un efecto sobre el rendimiento del animal por su función como mecanismo de transmisión del esfuerzo del animal al punto de trabajo.

8.3.1 Yugos

Se describe el tipo de yugo empleado (ya sea de nuca, cruz u otro) dando los materiales de fabricación y las dimensiones principales (Fig 8.1).

- largo total (a)
- distancia entre los centros de los animales (b)
- dimensiones de la sección del yugo (c y d)

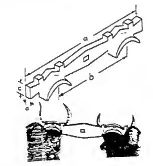


Figura 8.1 Yugo tradicional de nuca
Fuente: Sims, 1987

8.3.2 Arneses

Se describirá el tipo de arnés incluyendo los componentes, materiales y dimensiones principales (Figura 8.2).

a) Arnés de pecho
b) Correa de ancas (retranca)
c) Brida y freno
d) Arnés de collar completo
e) Correa trasera y cinturón torácico

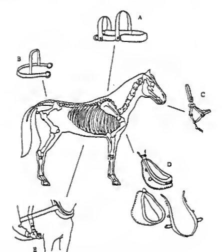


Figura 8.2 Algunas opciones de arnés para caballo
Fuente: Starkey, 1989

8.4 Procedimientos de Prueba

8.4.1 Fuerza máxima instantánea

La fuerza máxima instantánea es aquella que el animal (o animales) puede producir por efecto de la inercia del animal si éste se detuviera instantáneamente por un obstáculo (por ejemplo una piedra o raíz grande) en el suelo.

El animal (o animales) son conectados a la base de un árbol (u otro objeto inmovible) por un cable de 25 - 30 m de largo. Un transductor de fuerza (preferentemente uno que registre valores máximos) es conectado al cable entre el árbol y el animal, cerca de la base del árbol. Se hace caminar al animal hacia adelante y se registra la fuerza máxima producida cuando es detenido por el cable. Se mide la velocidad de avance sobre los últimos 10 m con un cronómetro y 2 estacas espaciadas 10 m.

Se repite la prueba al menos 5 veces sobre un rango de velocidades de avance similar a aquellas logradas en tareas agrícolas normales.

8.4.2 Pruebas de potencia

La potencia desarrollada por los animales de tracción es una medida del trabajo (fuerza x distancia) realizado por unidad de tiempo. Depende, por lo tanto, de la fuerza de tiro desarrollada (N), y de la velocidad de avance (m/s).

En la práctica, los agricultores saben que al aumentar la fuerza de arrastre sobre el rango experimentado durante el trabajo normal, la velocidad de avance disminuye. Los pasos del animal se vuelven irregulares y los animales se cansan rápidamente requiriendo, por lo tanto, largos períodos de descanso para recuperarse. En cambio para trabajo liviano los animales pueden trabajar a mayor velocidad sin perjudicar su rendimiento sobre períodos extendidos. Sin embargo, parece que cada especie y raza de animales, y aún individuos, tiene un rango de velocidades de avance preferido y cómodo (generalmente en el rango 0.6 - 1.5 m/s para bovinos).

Al agricultor le interesa conocer la fuerza y velocidad máxima sostenible por sus animales. Datos de la potencia máxima alcanzable sobre períodos cortos no son de mucho interés práctico. Por esta razón las pruebas de potencia están diseñadas para entregar información acerca de los límites superiores sostenibles de los dos parámetros (fuerza y velocidad).

8.4.2.1 Fuerza máxima sostenible sobre un día de trabajo

Para variar la carga que los animales tienen que arrastrar, se necesita un implemento que pueda ser ajustado para cambiar su resistencia en incrementos pequeños y regulares. Un arado ajustable o una barra portaherramientas que permita que se quiten y/o agreguen aperos de labranza, podría servir para este propósito.

Se enganchan los animales descansados al implemento ajustable y se conecta un transductor de fuerza en la línea de tiro para medir la fuerza de arrastre ejercida. La fuerza de arrastre se mide cada 2 o 3 surcos (o equivalente) para asegurar que se mantiene constante a lo largo del día de trabajo.

Se inicia la prueba con una carga equivalente a 0.1 de peso de los animales aproximadamente. La jornada de trabajo será la misma que la norma para la región. Los animales trabajan el primer día normalmente en forma libre, o sea sin provocar cansancio excesivo, para poseer una base de comparación con las etapas subsecuentes de la prueba.

Después de cada día de trabajo se permite que los animales descansen por un día para su recuperación. Cada segundo día se considera un día de trabajo y se incrementa la carga en 10% cada jornada hasta que los animales sufren en cansancio excesivo.[1] La carga máxima sostenible será aquella que los animales pueden soportar por todo el día de trabajo sin sufrir fatiga excesiva.

---

[1] Es difícil cuantificar el grado de cansancio de un animal de trabajo. El Apéndice 8A describe un sistema desarrollado en India, sin embargo si el personal de prueba no tiene la experiencia necesaria se sugiere buscar el consejo de un veterinario con conocimiento de los animales de trabajo locales; y/o la opinión de los mismos agricultores.

8.4.2.2 Prueba corta de fuerza máxima sostenible

Es posible que bajo algunas circunstancias el procedimiento descrito en la Sección 8.4.2.1 sea demasiado prolongado. En este caso se puede seguir un procedimiento más corto para obtener una idea de la fuerza máxima sostenible.

Empleando los mismos materiales y métodos descritos en la Sección 8.4.2.1, se aplican las cargas por períodos de 30 minutos con un período de descanso de 30 minutos entre cada prueba. La carga máxima es aquella que no produce síntomas de cansancio excesivo.

8.4.2.3 Velocidad máxima sostenible sobre un día de trabajo

Se ha explicado que los animales de trabajo no pueden aumentar su velocidad por períodos prolongados mientras ejercen fuerzas de arrastre elevadas. Por consiguiente durante la prueba para medir la velocidad de avance máxima, se acopla a los animales un implemento liviano (por ejemplo: sembradora; segadora: rastrillo).

Durante el primer día de prueba los animales trabajan a su velocidad preferida. En los días subsecuentes se aumenta la velocidad hasta que se determina la velocidad máxima sostenible. Durante las pruebas se mide la velocidad tomando el tiempo requerido por los animales para caminar una distancia marcada de 20 m (ver Sección 2.2.5).

Como en el caso del procedimiento de carga máxima sostenible, los animales deben descansar por un día entre cada prueba.

8.4.2.4 Prueba corta de velocidad máxima sostenible

Igual que en el caso de la prueba de carga máxima sostenible, es posible que las pruebas largas de un día descritas en la Sección 8.4.2.3 sean impracticables, y que una prueba más corta rinda información suficiente.

Tanto en el caso de fuerza máxima sostenible como de velocidad máxima, las pruebas cortas se emplean solamente para obtener una idea de la magnitud de los datos. Ellas no ofrecen la confianza esperada de los resultados de pruebas extendidas.

Empleando los mismos materiales y métodos descritos en la Sección 8.4.2.3, se incrementa la velocidad de avance y se mantiene ésta por períodos de 30 minutos con períodos de descanso de 30 minutos entre cada prueba. La velocidad máxima de avance sostenible es aquella que no produce síntomas de cansancio excesivo.

8.4.3 Efecto del largo del día de trabajo

El largo de la jornada de trabajo tiene un efecto muy marcado sobre la fuerza máxima que los animales pueden ejercer y sostener. Reduciendo el día a 2 ó 3 horas permitiría la aplicación de cargas mayores; mientras que solo se podrían trabajar jornadas prolongadas, hasta 8 h, con fuerzas de arrastre livianas.

Una jornada de 5 o 6 h es típica para bovinos en los trópicos; caballos y mulas a menudo trabajan más - hasta 7 o 8 h por jornada.

Para comparar la resistencia relativa entre diferentes razas es necesario hacerlas trabajar aplicando la carga máxima sostenible determinada en la prueba 8.4.2.1. El primer día se trabaja el horario de costumbre de la región y , alternando días de trabajo con días de descanso, se aumenta el largo de la jornada en incrementos de 30 minutos cada vez.

Para esta prueba es necesario pesar los animales cada día antes de la prueba. Una reducción en peso, con una dieta normal, indicaría un gasto de energía excesivo y, por lo tanto, una duración excesiva de la jornada.

8.5 Informe de la Prueba

8.5.1 Descripción de los animales

Especie:

Raza:

Sexo:

Edad: ....años

Peso: ....kg

Dimensiones corporales:

Largo: ....m
(Entre la nuca y la raíz de la cola - "l" en la Figura 4.19)

Largo: ....m
(Entre la cruz y la raíz de la cola - "L" en la Figura 4.19)

Altura: ....m
(Desde el suelo hasta la cruz - "H" en la Figura 4.19)

Anchura del anca: ....m

Circunferencia torácica: ....m
("G" en la Figura 4.19)

Condición física: mala/normal/buena

8.5.2 Descripción del yugo o arnés

Tipo:

Cróquis:

Materiales de construcción:

Largo total (yugos): ....m

Distancia entre nuca y nuca (yugos): ....m

Dimensiones de la sección (yugos): cm x cm

8.5.3 Fuerza de tracción máxima instantánea

Resumen de los resultados de la prueba.

Se presentan los resultados en forma tabular y como gráficos (Figura 4.16). La hoja para datos de terreno se presenta en el Apéndice 8B.

Velocidad de avance m/s	Promedio de la Fuerza Máxima Instantánea (N)

8.5.4 Fuerza máxima sostenible sobre un día de trabajo

Es la fuerza máxima sostenible sin provocar síntomas de fatiga excesiva: ....N

Ver Apéndice 8B para la hoja de datos de terreno.

8.5.5 Prueba corta de fuerza máxima sostenible

Es la fuerza máxima sostenible por un período de 30 minutos sin provocar síntomas de cansancio excesivo. ....N

Ver Apéndice 8B para la hoja de datos de terreno.

8.5.6 Velocidad máxima sostenible sobre un día de trabajo

Es la velocidad máxima sostenible sobre un día de trabajo. ....m/s

Ver Apéndice 8B para la hoja de datos de terreno.

8.5.7 Prueba corta de velocidad máxima sostenible

Es la velocidad sostenible por un período de 30 minutos sin provocar fatiga excesiva ....m/s

Ver Apéndice 8B para la hoja de datos de terreno.

8.5.8 Efecto del largo del día de trabajo

Es la duración de la jornada con carga máxima ....h

Ver Apéndice 8B para la hoja de datos de terreno.

APENDICE 8A

CALIFICACION DE LA FATIGA EN BUEYES DE TRABAJO

Fuente: Upadhyay y Madan, 1985

	CALIFICACION				
	1	2	3	4	5
Respiración, tasa/min	*R_o+15	R_o+30	R_o+45	R_o+60	R_o+75
Ritmo cardiaco, latidos/min	*H_o+10	H_o+20	H_o+30	H_o+40	H_o+50
Temperatura rectal (° C)	*$T_o+0.5$	$T_o+1.0$	$T_o+1.5$	$T_o+2.0$	$T_o+2.5$
Salivación	Inicio	Empieza a babear	Baba continua	Espuma en labio superior	Espuma en toda la boca
Coordinación de piernas	Paso no constante	Inicia arrastre de patas	Perdida de coordinación y arrastre constante	Perdida completa de coordinación en las 4 patas	No puede moverse
Excitación	Compuesto	Molesto	Narices dilatadas, alterado	Movimiento prominente del ojo	Furioso y trata de parar
Inhibición de avance	Enérgico	Movimiento libre	Paso lento	Muy lento	No camina
Protrusión de la lengua	Boca cerrada	Boca abierta a veces	Aparición frecuente de lengua	Protrusión continua de lengua	Lengua completamente afuera

*R_o, H_o, T_o son los valores de descanso de: respiración, ritmo cardíaco y temperatura rectal, respectivamente.

APENDICE 8B

HOJAS PARA DATOS DE TERRENO

a) **Hoja para datos de fuerzas máximas instantáneas**

Velocidad de Avance, m/s	Fuerza Máxima Instantánea, N					
	Repetición					
	1	2	3	4	5	promedio

b) **Hoja para datos de fuerza máxima sostenible sobre un día de trabajo**

Día N°	Fuerza de Tracción Promedio, N	Evidencia de Fatiga
1	0.1W	
2		
3		
4		
5		

c) Hoja de datos para la prueba corta de fuerza máxima sostenible

Período de 30 min N°	Fuerza de Tracción Promedio, N	Evidencia de Fatiga
1	0.1W	
2		
3		
4		
5		

d) Hoja de datos para la velocidad máxima sostenible sobre un día de trabajo

Día N°	Velocidad de Avance, m/s	Evidencia de Fatiga
1		
2		
3		
4		
5		

e) Hoja de datos para la prueba corta de velocidad máxima sostenible

Período de 30 Mins N°	Velocidad de Avance, m/s	Evidencia de Fatiga
1		
2		
3		
4		
5		

f) Hojas de datos para el efecto del largo del día de trabajo

Peso de cada animal antes de la prueba: kg
Peso de cada animal después de la prueba: kg
Fuerza de tracción: N

Día N°	Largo de la Jornada, h	Evidencia de Fatiga
1	T[1]	
2	T+0.5	
3	T+1.0	
4	T+1.5	
5	T+2.0	
6	T+2.5	
7	T+3.0	

1) T = Largo del día de trabajo normal en la región.

9 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA PRIMARIA

CONTENIDOS

9 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA PRIMARIA

9.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable para la evaluación de varios tipos de arados de disco y vertedera por tracción animal o tractor (Figs 9.1 y 9.2).

El procedimiento explica las definiciones, términos y los procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados en la evaluación del desempeño, capacidad de trabajo y adaptación a la tarea de labranza primaria.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento y adecuación del implemento.

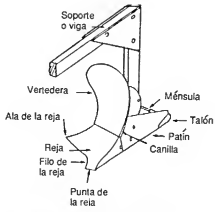


Figura 9.1 Partes del arado de vertedera
Fuente: FAO en RNAM, 1983

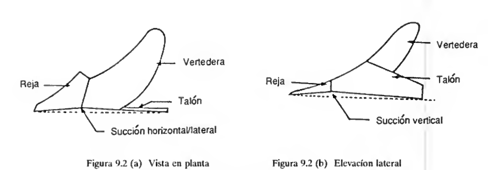


Figura 9.2 (a) Vista en planta

Figura 9.2 (b) Elevacíon lateral

Figura 9.2 Despeje (succión) del arado de vertedera
Fuente: RNAM, 1983

9.2 Procedimiento de Prueba

9.2.1 Implemento a Probar

Antes de ninguna prueba, el fabricante entregará un implemento completo y en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de los materiales, construcción, rendimiento esperado y rango de ajustes. En el informe se entregarán las especificaciones completas.

9.2.2 Trabajo de laboratorio

Los objetivos principales del trabajo en el laboratorio son estudiar y confirmar las especificaciones y componentes esenciales comparándolos con aquellos que señala el fabricante y realizar estudios que ayuden a modificar y mejorar el diseño del implemento.

a) Ajuste del ancho de trabajo, profundidad y nivelación;
b) Tipo de cortador (disco u otro) disponible;
c) Ajuste vertical del cortador;
d) Materiales de la reja, vertedera o disco;
e) Aspectos de seguridad;
f) Peso de las partes de labranza antes y después de la prueba;
g) Disposiciones para arrastrado.

Otros ítemes se listan en el formulario de especificaciones.

9.2.3 Trabajo de Campo

9.2.3.1 Condiciones de Prueba

9.2.3.1.1 Tractores y animales de tracción

Los tractores usados para la prueba deben ser compatibles con el implemento y operados por operadores con experiencia. Los animales de tracción y sus operadores deben estar altamente entrenados y, si es posible, familiarizados con el implemento bajo prueba. Los animales deberán estar en buenas condiciones y debe disponerse de sus registros de salud y régimen alimentario. El número de animales requerido dependerá de la tracción del implemento considerando que un animal tirará aproximadamente 10% de su peso corporal.

9.2.3.1.2 Terrenos

El comportamiento de los arados varía considerablemente de acuerdo con el tipo de suelo, su contenido de humedad, enmalezamiento, rastrojos y forma de los campos. Las siguientes condiciones deben quedar claramente señaladas en el informe de prueba.

a) Area y forma del campo de prueba;
b) Tipo y carácter del suelo;
c) Topografía;
d) Cultivo anterior en el terreno;
e) Altura del rastrojo del último cultivo;
f) Condición de malezas (grado de infestación de malezas);
g) Condiciones del suelo (Sección 4.2);

9.2.3.2 Ensayos Preliminares

Se deben realizar ensayos preliminares en terrenos adyacentes a las parcelas de prueba para realizar ajustes en el arado y chequear el equipo de prueba para operación correcta. Es también una oportunidad para que los ingenieros y operadores se familiaricen con la operación de arado, especialmente cuando se usan animales.

9.2.3.3 Pruebas de Rendimiento

Los objetivos principales de las pruebas de rendimiento son obtener datos del implemento tales como capacidad y calidad de trabajo, facilidad de operación, requerimientos de mantención y adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo.

Se deben hacer al menos tres series de pruebas bajo diferentes condiciones de suelo. Una vez que se han marcado las parcelas y antes de realizar pruebas se deben tomar muestras de suelo para establecer en el laboratorio el tipo de suelo, contenido de humedad, densidad aparente, y diámetro promedio de terrones. También deben realizarse mediciones del índice de cono y esfuerzo al cizalle.

Cada parcela debe completarse sin detenciones a menos que sea necesario hacer ajustes, haya averías o descanso para los animales.

Se deben registrar las siguientes mediciones:

a) Ancho de aradura* (Sección 2.1.3)
b) Profundidad de aradura* (Sección 2.1.3)
c) Area total de aradura
d) Velocidad de avance (Sección 2.2.5)
e) Tracción* y ángulo o geometría de tiro (Sección 4.6.1.2)
f) Patinaje (Sección 4.3.2.2)
g) Tiempo gastado en girar en las cabeceras
h) Tiempo gastado por otras razones
i) Tiempo total de operación

* Estos son valores promedio de varias lecturas tomadas a lo largo de cada surco. (En el Apéndice 9A se presentan ejemplos de hojas de trabajo).

Al final de cada prueba, se medirá nuevamente la cubierta de malezas y diámetro de terrones.

Durante la prueba, también se harán las siguientes observaciones y se registrará cualquier comentario.

a) Facilidad de manejo
b) Facilidad de ajuste
c) Mantención de la profundidad
d) Adhesión del suelo a las rejas, vertederas o discos
e) Atascamiento con malezas u hojarasca
f) Deformación visible
g) Desgaste de las partes de labranza

9.2.3.4 Ensayos de Durabilidad

Para obtener mediciones más exactas del desgaste de las partes activas y destacar posibles problemas de mantenimiento y operación se hacen ensayos cubriendo largos períodos de trabajo.

Se comprende que éstos deben durar unos 100 h y, debido al área de terreno requerida, puede ser deseable hacerlo en los campos de los agricultores en lugar de las estaciones de prueba.

Todos los detalles de las parcelas, sus condiciones y mediciones especificadas para las pruebas de rendimiento deben registrarse en estos ensayos junto con comentarios sobre las características de operación.

9.2.3.5 Ensayos en Campos de Agricultores

Se puede realizar una serie de ensayos en campos de los agricultores para evaluar el implemento en varias condiciones de suelo y terreno. Aplicarán todas las condiciones y mediciones especificadas para los ensayos de rendimiento y durabilidad.

9.3 Informe de la Prueba

9.3.1 Diagrama/Fotografía

Debe entregarse un diagrama o fotografía que muestre los principales detalles del implemento.

9.3.2 Especificaciones

9.3.2.1 Tipo de implemento:
Fuente de tracción:

9.3.2.2 Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

9.3.2.3 Dimensiones generales:

Largo:	cm
Ancho:	cm
Alto:	cm

9.3.2.4 Peso kg

9.3.2.5 Detalle de las partes en contacto con el suelo

Tipo:	
Número de vertederas o discos:	
Ancho de trabajo de cada vertedera o disco:	cm
Tipo de vertedera:	
Diámetro y concavidad del disco:	mm
Materiales de la reja o disco:	
Grosor de la reja, vertedera o disco:	mm
Dureza:	
Succión horizontal:	cm
Succión vertical:	cm

9.3.2.6 Cortador (disco u otro)

Tipo:	
Tamaño:	cm
Ajuste:	

9.3.2.7 Detalles de la rueda del implemento

9.3.2.8 Detalles del bastidor

Construcción:	
Dimensión y material del miembro mayor:	mm x mm

9.3.2.9 Detalles del timón

Construcción:	
Dimensión y material del miembro mayor:	mm x mm

9.3.2.10 Detalles de la mancera

Construcción
Altura de la mancera sobre el suelo cm
Detalles de ajustes

9.3.2.11 Detalles de enganche

Forma y construcción
(En caso de unidad montada al tractor, citar la categoría del enganche de tres puntos)

9.3.2.12 Tipo y rango de ajuste del ancho de corte, profundidad y nivelación cm

9.3.2.13 Velocidad de trabajo recomendad km/h

9.3.2.14 Capacidad de trabajo (según fabricante) ha/h

9.3.3 Resultados de las Pruebas de Comportamiento

9.3.3.1 Detalles de los animales o tractor usado en las pruebas

9.3.3.2 Resumen de las condiciones y resultados de la prueba

Prueba Número						
Fecha						
Lugar						
Tamaño de la parcela (m x m)						
Topografía						
Descripción del suelo						
Labranza previa						
Cultivo anterior						
Residuos de cultivo						
Conteo de malezas (n/m^2)						
Labor después de la última cosecha						
Humedad del suelo (% base seca)						
Densidad aparente seca (g/cm^2)						
Lectura del penetrómetro (kPa)						
Resistencia al corte (kPa)						
Patrón de operación						
Profundidad de trabajo (cm)						
Ancho de trabajo (cm)						
Fuerza de tracción (kgf o N)						
Velocidad (m/s)						
Potencia (W)						
Patinaje de las ruedas del tractor (%)						
Tiempo para completar la operación (min)						
Eficiencia de campo (%) (Sección 4.6.1.3)						
Inversión del suelo (%) (Sección 4.6.1.4)						

9.3.3.3 Comentarios sobre aspectos de comportamiento

Facilidad de manejo
Facilidad de ajuste
Mantención de la profundidad
Adhesión de suelo a rejas, vertederas o discos
Bloqueo con malezas u hojarasca
Deformación visible
Desgaste de partes en contacto con el suelo
Aspectos generales

9.3.4 Resultados de los Ensayos de Durabilidad

Todos los detalles dados en 9.3.3.2 y 9.3.3.3 aplicarán a los resultados de las pruebas de durabilidad.

9.3.5 Ensayos en Campos de Agricultores

Todos los detalles dados en 9.3.3.2 y 9.3.3.3 aplicarán a los resultados de los ensayos realizados en campos de agricultores.

9.3.6 Reparaciones, Ajustes y Recomendaciones para Modificaciones.

APENDICE 9A

1 Hoja para trabajo en terreno

1.1 Condiciones de prueba

Implemento: Marca: Prueba Nº:
Tipo: Fecha:

Localización:
Topografía:
Descripción del suelo:
Labranza previa:
Cultivo previo:
Residuos de cosecha:
Tamaño de parcela: (m largo x m ancho)

Malezas/m^2 antes de la prueba						
Malezas/m^2 después de la prueba						
Lecturas del Penetrómetro (kPa)						
Resistencia al cizalla (kPa)						
Muestras para densidad aparente (g/cm^3)	1	2	3	4	5	6
Muestras de suelo para humedad	1	2	3	4	5	6

1.2 Resultados de las pruebas

Implemento: Marca: Prueba No:
Tipo: Fecha:

Número, tipo y condición de los animales de tiro:

Marca, tipo y tamaño de tractor:
Distancia recorrida en 5 revoluciones de las ruedas del tractor sin carga: m

Hora al inicio de la prueba: h min

		1	2	3	4	5	6	Promedio
Ancho de trabajo (cm)	1 2 3							
Profundidad de trabajo (cm)	1 2 3							
Lecturas del dinamómetro (kgf o N)	1 2 3							
Angulo de enganche del dinamómetro (º)								
Tiempo para avanzar 20m (sec)								
Tiempo para completar dos surcos (min, sec)								
Avance del tractor en 10 revoluciones de la rueda con carga (m)								

Tiempo muerto:-

	Desde	Hasta	Razones u Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			

Tiempo al final de la prueba: h min

1.3 Comentarios sobre el comportamiento

Facilidad de manejo:
Facilidad de ajuste:
Mantención de la profundidad:
Adhesión de suelo a las partes en contacto:
Bloqueo con malezas u hojarasca:
Deformación visible:
Desgaste de las partes en contactor con el suelo:
Generalidades:

APENDICE 9B

Hoja para cálculos de la prueba

Nota: * Significa usar valor promedio	Unidad	Símbolo	Valor
Tamaño de la parcela completada (área)	m^2	M	
Indice del cono *	kPa	C	
Resistencia al cizalle *	kPa		
Densidad aparente masa *	g/cm^3		
Humedad del suelo (base seca) *	%		
Velocidad de trabajo *	m/s	S	
Ancho de trabajo *	cm	W	
Profundidad de trabajo*	cm	d	
Tiempo total para completar area M	h	T	
Capacidad de campo efectiva = M/10 000T	ha/h	A	
Capacidad de campo teórica = 0.0036 WS	ha/h	G	
Eficiencia de campo = $^A/_G$ x 100	%		
Distancia en 5 revs de la rueda motriz sin carga	m	H	
Distancia en 5 revs de la rueda motriz con carga	m	J	
Patinaje en la rueda = [H - J]/H x 100	%		
Tiempo promedio consumido en vueltas y paradas por hilera	sec		
Tracción medida *	kgf(N)	B	
Angulo de conección del dinamómetro *	°	Θ	
Tracción horizontal = B cos Θ	kgf(N)	F	
Potencia = F(kgf)S/0.10197 ó = F (N) S	W	K	
Area transversal cortada en cada paso *	cm^2	X	
Profundidad de trabajo = X/W	cm	d	
Profundidad maxima *	cm	D	
Uniformidad de la superficie arada = $^d/_D$		E_E	
Malezas antes de la prueba*	n/m^2	W_1	
Malezas después de la prueba*	n/m^2	W_2	
Eficiencia del control de malezas = $[W_1-W_2]/W_1$ x 100		E_1	
Resistencia unitaria = $^F/_X$	kgf/cm^2 N/cm^2	R	

10 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA SECUNDARIA

CONTENIDOS

10 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA SECUNDARIA

10.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable para la evaluación de varios tipos de cultivadoras de disco o cinceles por tracción animal o tractor (Fig 10.1 a 10.5).

El procedimiento explica las definiciones, terminología y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que se medirán y examinarán para evaluar el comportamiento, capacidad de trabajo y adaptabilidad a la tarea de labranza secundaria.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad del implemento.

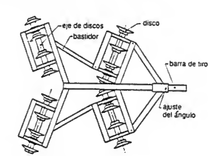


Figura 10.1 Rastra de Discos Tandem
(Fuente: Indian Standards Institution, 1972)

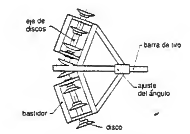


Figura 10.2 Rastra de Discos Offset
(Fuente: Indian Standards Institution, 1972)

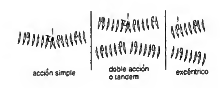


Figura 10.3 Tres tipos de rastras de discos según el arreglo de sus cuerpos
(Fuente: RNAM, 1983)

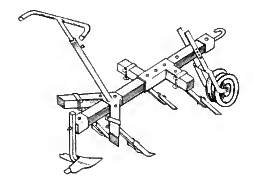


Figura 10.4 Cultivadora de Tracción Animal
(Fuente: RNAM, 1983)

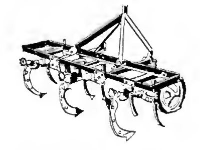


Figura 10.5 Cultivadora de cinceles
(Fuente: RNAM, 1983)

10.2 Procedimiento de Prueba

10.2.1 Implemento para Probar

Antes de cualquier trabajo de prueba el fabricante proporcionará el implemento completo en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de los materiales, construcción, rendimiento esperado y rango de ajustes.

Las especificaciones completas serán presentadas en el informe.

10.2.2 Trabajo de Laboratorio

Los objetivos principales del trabajo de laboratorio son estudiar y confirmar las especificaciones y componentes esenciales, comparándolos con aquellos que entrega el fabricante y realizar estudios que permitan realizar modificaciones o mejoramientos en el diseño del implemento.

a) Ajuste de ancho de trabajo, profundidad y nivelación;
b) Tipo de discos o cinceles y su conformación;
c) Material de las partes en contacto con el suelo;
d) Peso de las partes que trabajan el suelo antes y después de la prueba;
e) Disposiciones para arrastre.

Otros ítemes se listan en el formulario de especificaciones.

10.2.3 Trabajo de Campo

10.2.3.1 Condiciones de Prueba

10.2.3.1.1 Tractores y animales de tiro

Los tractores usados en la prueba deben ser compatibles con el implemento bajo prueba y deben ser conducidos por operadores con experiencia.

Los animales de tiro y sus operadores deben estar bien entrenados y, si es posible, familiarizados con el tipo de implemento bajo prueba. Los animales deben estar en buenas condiciones y deben estar disponibles los registros de su salud y régimen alimentario. El número de animales requerido dependerá de la tracción del implemento, considerando que un animal arrastrará aproximadamente 10% de su peso corporal.

10.2.3.1.2 Terrenos

El comportamiento de las cultivadoras varía considerablemente de acuerdo con el tipo de suelo, su contenido de humedad, crecimiento de malezas, residuos de la cosecha anterior y forma de la parcela. Las siguientes condiciones deberán ser claramente mencionadas en el informe de prueba.

a) Area y forma de la parcela de prueba;
b) Tipo y carácter del suelo;
c) Topografía;
d) Ultimo cultivo en la parcela;
e) Altura del rastrojo del último cultivo;
f) Condiciones de enmalezamiento (grado de infestación);
g) Condiciones del suelo (Sección 4.2)

10.2.3.2 Ensayos Preliminares

Deben realizarse ensayos preliminares en terrenos adyacentes a las parcelas de prueba para realizar ajustes al cultivador y chequear el equipo de prueba para operación correcta. Es también una oportunidad para que los ingenieros y operadores se familiaricen con la operación del cultivador, especialmente cuando se usan animales.

10.2.3.3 Pruebas de Rendimiento

Los objetivos principales de las pruebas de rendimiento son obtener datos de los implementos tales como capacidad y calidad del trabajo, facilidad de operación, requerimientos de mantención y adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo.

Se debe hacer al menos tres series de pruebas bajo diferentes condiciones de suelo. Una vez que se han marcado las parcelas y antes de realizar pruebas se deben tomar muestras de suelo para establecer en el laboratorio el tipo de suelo, contenido de humedad, densidad aparente, y diámetro promedio de terrones. También deben realizarse mediciones de Indice de Cono, esfuerzo al cizalle, conteo de malezas y uniformidad de la superficie.

Cada parcela debe completarse sin detenciones a menos que sea necesario hacer ajustes, haya averías o descanso para los animales.

Se deben registrar las siguientes mediciones:

a) Ancho de labranza * (Sección 2.1.3)
b) Profundidad de labranza * (Sección 2.1.3)
c) Area total de labranza
d) Velocidad de avance (Sección 2.2.5)
e) Tracción* y ángulo o geometría de tiro (Sección 4.6.1.2)
f) Patinaje (Sección 4.3.2.2)
g) Tiempo gastado en girar en las cabeceras
h) Tiempo gastado por otras razones
i) Tiempo total de operación

* Estos son valores promedio de varias lecturas tomadas a lo largo de cada surco. (En el Apéndice 10A se presentan ejemplos de hojas de trabajo).

Al final de cada prueba, se medirá nuevamente la cubierta de malezas y diámetro de terrones.

Durante la prueba, también se harán las siguientes observaciones y se registrará cualquier comentario.

a) Facilidad de manejo
b) Facilidad de ajuste
c) Mantención de la profundidad
d) Adhesión del suelo a los cinceles o discos
e) Atascamiento con malezas u hojarasca
f) Deformación visible
g) Desgaste de las partes de labranza

10.2.3.4 Ensayos de Durabilidad

Para obtener mediciones más exactas del desgaste de las partes activas y destacar posibles problemas de mantenimiento y operación, se hacen ensayos cubriendo largos períodos de trabajo.

Se comprende que éstos deben durar unas 100 h y, debido al área de terreno requerida, puede ser deseable hacerlo en los campos de los agricultores en lugar de las estaciones de prueba.

Todos los detalles de las parcelas, sus condiciones y mediciones especificadas para las pruebas de rendimiento deben registrarse en estos ensayos junto con comentarios sobre las características de operación.

10.2.3.5 Ensayos en Campos de Agricultores

Se puede realizar una serie de ensayos en campos de los agricultores para evaluar el implemento en varias condiciones de suelo y terreno. Aplicarán todas las condiciones y mediciones especificadas para los ensayos de rendimiento y durabilidad.

10.3 Informe de la Prueba

10.3.1 Diagrama/Fotografía

Debe entregarse un diagrama o fotografía que muestre los principales detalles del implemento.

10.3.2 Especificaciones

10.3.2.1 Tipo de implemento:
Fuente de tracción:

10.3.2.2 Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

10.3.2.3 Dimensiones generales:

Largo:	cm
Ancho:	cm
Alto:	cm

10.3.2.4 Peso — kg

10.3.2.5 Detalle de las partes en contacto con el suelo (rastras de discos)

Tipo:	
Nº de cuerpos:	
Nº de discos por cuerpo:	
Tipo de disco (plano o dentado):	
Diámetro y concavidad del disco:	cm
Materiales del disco:	
Grosor del disco:	
Dureza:	

10.3.2.6 Detalle de las partes en contacto con el suelo (cultivadoras)

Tipo:
Nº de cinceles y espaciamiento:
Material:
Dureza:

10.3.2.7 Detalles de la rueda del implemento

10.3.2.8 Detalles del bastidor

Construcción:	
Dimensiones del miembro mayor y material	mm x mm

10.3.2.9 Detalles del timón

Construcción:	
Dimensiones del miembro mayor y material	mm x mm

10.3.2.10 Detalles de la mancera

Construcción
Altura de la mancera sobre el suelo cm
Detalles de ajuste

10.3.2.11 Detalles de enganche

Forma y construcción:
(En caso de unidad montada al tractor, citar la categoría de enganche de tres puntos)

10.3.2.12 Tipo y rango de ajuste del ancho de corte, profundidad y nivelación: cm

10.3.2.13 Método de transporte

10.3.2.14 Velocidad de trabajo recomendada km/h

10.3.2.15 Capacidad de trabajo (según fabricante) ha/h

10.3.3 Resultados de las Pruebas de Comportamiento

10.3.3.1 Detalles de los animales o tractor usado en las pruebas

10.3.3.2 Resumen de las condiciones y resultados de la prueba

Prueba Número						
Fecha						
Lugar						
Tamaño de la parcela (m x m)						
Topografía						
Descripción del suelo						
Labranza previa						
Cultivo anterior						
Residuos de cultivo						
Conteo de malezas (n/m^2)						
Labranza después de la última cosecha						
Humedad del suelo (% base seca)						
Densidad aparente seca (g/cm^3)						
Lectura del penetrómetro (kPa)						
Resistencia al corte (kPa)						
Patrón de operación						
Profundidad de trabajo (cm)						
Ancho de trabajo (cm)						
Fuerza de tracción (kgf o N)						
Velocidad (m/s)						
Potencia (W)						
Patinaje de las ruedas del tractor (%)						
Tiempo para completar la operación (min)						
Eficiencia de campo (%) (Sección 4.6.1.3)						
Inversión del suelo (%) (Sección 4.6.1.4)						
Uniformidad de la labranza						

10.3.3.3 Comentarios sobre aspectos de comportamiento

Facilidad de manejo
Facilidad de ajuste
Mantención de profundidad
Adhesión de suelo a cinceles o discos
Bloqueo con malezas u hojarasca
Deformación visible
Desgaste de partes en contacto con el suelo
Aspectos generales

10.3.4 Resultados de los Ensayos de Durabilidad

Todos los detalles dados en 10.3.3.2 y 10.3.3.3 aplicarán a los resultados de las pruebas de durabilidad.

10.3.5 Ensayos en Campos de Agricultores

Todos los detalles dados en 10.3.3.2 y 10.3.3.3 aplicarán a los resultados de los ensayos realizados en campos de agricultores.

10.3.6 Reparaciones, Ajustes y Recomendaciones para modificaciones.

APENDICE 10A

1 Hoja para trabajo en terreno

1.1 Condiciones de prueba

Implemento: Marca: Prueba Nº:
Tipo: Fecha:

Localización:
Topografía:
Descripción del suelo:
Labranza previa:
Cultivo previo:
Residuos de cosecha:
Tamaño de parcela: m largo x m ancho

Malezas/m^2 antes de la prueba						
Malezas/m^2 después de la prueba						
Lecturas del Penetrómetro (kPa)						
Resistencia al cizalle (kPa)						
Muestras para densidad aparente	1	2	3	4	5	6
Muestras de suelo para humedad	1	2	3	4	5	6
Uniformidad de la superficie antes de la prueba						
Uniformidad de la superficie después de la prueba						

1.2 Resultados de las pruebas

Implemento: Marca: Prueba Nº:
Tipo: Fecha:

Número, tipo y condición de los animales de tiro:

Marca, tipo y tamaño del tractor:

Distancia recorrida en 5 revoluciones de las ruedas del tractor sin carga: m

Hora al inicio de la prueba: h min

		1	2	3	4	5	6	Promedio
Ancho de trabajo, cm	1							
	2							
	3							
Profundidad de trabajo, cm	1							
	2							
	3							
Lecturas del dinamómetro, kgf o N	1							
	2							
	3							
Angulo de enganche del dinamómetro								
Tiempo para avanzar 20m, seg								
Tiempo para completar dos surcos (min, sec)								
Avance del tractor en 5 revoluciones de la rueda con carga (m)								

Tiempo muerto:

	Desde	Hasta	Razones, observaciones
1			
2			
3			
4			
5			

Tiempo al final de la prueba: h min

Número de surcos o pasadas en el ancho de la parcela:

1.3 Comentarios sobre el comportamiento

Facilidad de manejo:
Facilidad de ajuste:
Mantención de la profundidad:
Adhesión de suelo a las partes en contacto:
Bloqueo con malezas u hojarasca:
Deformación visible:
Desgaste de las partes en contacto con el suelo:
Generalidades:

APENDICE 10B

Hoja para cálculos de la prueba

Nota: * Significa usar valor promedio	Unidad	Símbolo	Valor
Tamaño de la parcela trabajada (área)	m^2	M	
Indice del Cono*	kPa	C	
Resistencia al cizalle*	kPa		
Densidad aparente*	gm/cm^3		
Humedad del suelo (base seca)*	%		
Velocidad de trabajo*	m/s	S	
Ancho de trabajo*	cm	W	
Profundidad de trabajo*	cm	D	
Tiempo total para completar área M	h	T	
Capacidad de campo efectiva = M/10 000 T	ha/h	A	
Capacidad teórica de campo = 0.0036 WS	ha/h	G	
Eficiencia de campo = A/G x 100	%		
Distancia en 5 revs de la rueda motríz sin carga	m	H	
Distancia en 5 revs de la rueda motríz con carga	m	J	
Patinaje en la rueda = [H - J]/H x 100	%		
Tiempo promedio consumido en vueltas y paradas por hilera	sec		
Tracción medida*	kgf(N)	B	
Angulo de conección con el dinamómetro*	°	Θ	
Fuerza horizontal = B cosΘ	kgf(N)	F	
Potencia = F(kgf)S/0.10197 ó = F (N) S	W	K	
Malezas antes de la prueba*	n/m^2	W_1	
Malezas después de la prueba*	n/m^2	W_2	
Eficiencia del control de malezas = $[W_1-W_2]/W_1$		E_1	

11 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE AZADONES MANUALES

CONTENIDOS

11 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE AZADONES MANUALES

11.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de varios tipos de azadones manuales. El procedimiento entrega términos generales y prescribe mediciones y evaluaciones por realizar para establecer tasas y calidad del trabajo, y evaluar aspectos ergonómicos del uso del azadón.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones hacer para juzgar de la mejor manera la producción de trabajo y comodidad del implemento.

11.2 Ejemplos de azadones manuales



Figura 11.1 Azadón para cavar
(Fuente: Suzuki, 1982)

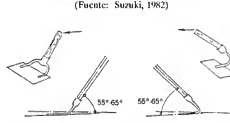


Figura 11.2 Azadones para empujar (izquierda) y tirar (derecha), mostrando los ángulos de trabajo
(Fuente: Inns, 1985)

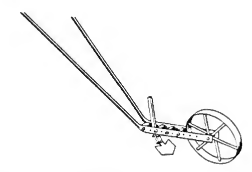


Figura 11.3 Azadón con rueda. (Maharashtra Agro Ind. Dev. Corporation, Bombay, India)
(Fuente: IT Publication, 1985)

11.3 Procedimiento de prueba

11.3.1 Implemento para prueba

El fabricante debe proveer el azadón completa y totalmente ensamblado junto con instrucciones para su uso. También deben entregarse las especificaciones de datos dimensionales y materiales usados en su construcción.

11.3.2 Trabajo de laboratorio

Antes de las pruebas de campo, deben chequearse las especificaciones del fabricante. Debe examinarse el azadón para ver la calidad de los materiales y la construcción, especialmente el método de conexión de la hoja y la condición del mango(s) (libre de astillas y trizaduras, conectado con seguridad y ofreciendo una buena forma de agarrarlo).

Si se cuenta con un probador de dureza, debe medirse la dureza del elemento cortante de la hoja y compararlo con las especificaciones.

11.3.3 Trabajo de campo

11.3.3.1 Condiciones de prueba

11.3.3.1.1 Operadores

Los operadores seleccionados para las pruebas deben ser representativos de los usuarios potenciales. Por ejemplo, si son mujeres las que hacen las tareas de azadoneo, ellas deben usarse como operadores. Los operadores elegidos deben permitir la medición de sus dimensiones físicas y, cuando sea necesario, cooperar con el registro del ritmo cardíaco, respiración y respuestas subjetivas durante los períodos de trabajo.

11.3.3.1.2 Campos

Las tasas de trabajo logradas con un azadón variarán con el tipo y condición del suelo, la disposición del cultivo y población de malezas. El informe de prueba debe detallar el suelo como se especificó en la Sección 4.2 y la población de malezas como en la Sección 4.6.1.4. El terreno elegido para las pruebas debe ser típico de la región.

11.3.3.2 Ensayos preliminares

Deben ejecutarse ensayos en lugares adyacentes a las parcelas de prueba para que los operadores se familiaricen con el implemento y entreguen alguna indicación de la tasa de trabajo esperada. Luego debe determinarse un tamaño de parcela consistente con un tiempo total de trabajo de 4 horas.

11.3.3.3 Pruebas de rendimiento

Los objetivos principales de las pruebas de rendimiento son obtener la tasa de trabajo sustentable y evaluar las demandas hechas sobre el operador durante el período de trabajo.

Deben hacerse pruebas en parcelas que tengan un rango de condiciones típicas de cultivo, suelo y malezas. Todos los operadores deben trabajar en todas las condiciones incluidas.

Cuando se han establecido las parcelas, se debe tomar muestras de suelo y contar las malezas.

Cada parcela debe desmalezarse en una sesión y deben registrarse las siguientes mediciones:

a) Tiempo de operación total
b) Tiempo tomado en detenciones fuera de los períodos de descanso esenciales
c) Profundidad de trabajo
d) Area total de trabajo

Si se dispone del equipo y experiencia apropiados, se pueden hacer mediciones que indiquen la energía consumida por el operador durante las pruebas y los resultados deben usarse para calificar el implemento (ver Sección 5.3). Si los instrumentos no están disponibles, se puede hacer una evaluación subjetiva por los

operadores de la carga e incomodidad física asociada al uso del azadón (Secciones 5.3 y 5.5)
Al terminar las pruebas los sujetos pueden ser entrevistados informalmente para obtener sus opiniones globales acerca del azadón. Las mediciones del suelo y malezas deben repetirse para establecer el tamaño de terrones, inversión y mezclado y población final de malezas.

11.3.3.4 Pruebas comparativas

Cuando sea posible, el azadón debe probarse contra un azadón estándar de "referencia" (quizás el azadón tradicional usado en la región), o en una prueba de grupo con un grupo de otros azadones. Luego es posible calificar el azadón contra los criterios especificados (v.g. tasa y calidad de trabajo; requerimiento energético; evaluaciones subjetivas; calidad de fabricación).

11.3.3.5 Pruebas de duración en la granja

Puede realizarse una serie de ensayos en los campos de los granjeros para evaluar el azadón en condiciones de campo y de suelo más variadas. Ellos deben realizarse a lo largo de una estación de desmalezamiento completa para obtener mediciones más exactas del desgaste de la hoja y destacar cualquier problema de operación y robustez. Aplicarán todas las condiciones especificadas para las pruebas de rendimiento.

11.4 Informe de la prueba

11.4.1 Diagrama/Fotografía

Debe presentarse un diagrama o fotografía que muestre los principales detalles del implemento.

11.4.2 Especificaciones

11.4.2.1 Tipo de implemento

11.4.2.2 Marca:
Modelo:
Serie Nº:
Nombre y dirección de los fabricantes:

11.4.2.3 Hoja

Ancho de corte: mm
Material:
Dureza (Estándar si aplica):

11.4.2.4 Montaje de la hoja

Material:
Ancho de la garganta: mm
Método de fijar la hoja:
Angulo en relación al mango: °

11.4.2.5 Mango

Material:
Largo: cm
Tamaño: mm día o mm x mm'
Altura de trabajo: cm
Método de conexión:

11.4.2.6 Rueda de soporte (si aplica)
Material:
Diámetro: mm
Ancho: mm

11.4.2.7 Peso total del azadón kg

11.4.3 Resultados de las pruebas

11.4.3.1 Detalles de los operadores

Sexo - masculino/femenino
Edad:
Peso: kg
Altura: cm

11.4.3.2 Resumen de las condiciones y resultados de la prueba

Prueba No						
Condiciones de la prueba Fecha Ubicación Tamaño de la parcela (m x m) Topografía Descripción del suelo Cultivo Conteo de malezas (n/m²) Humedad del suelo (% base seca) Densidad aparente seca (g/cm³) Lectura del penetrómetro (kPa) Firmeza al cizalle (kPa)						
Resultados de la prueba Profundidad de trabajo (cm) Ancho de trabajo (cm) Tiempo tomado en completar la operación (min) Eficiencia de campo (%) Inversión del suelo (%) Uniformidad de cultivación						

Si se registran variables fisiológicas (ritmo cardíaco o respiración) y medidas subjetivas (tasa de esfuerzo percibido o incomodidad postural) los resultados deben incluirse separadamente.

11.4.3.3 Comentarios sobre aspectos de rendimiento

Facilidad de manejo
Facilidad de ajuste
Mantención de la profundidad
Adhesión del suelo a cinceles u hojas
Atascamiento con malezas y hojarasca
Deformación visible
Desgaste de las partes que trabajan el suelo
Generalidades

11.4.4 Resultados de los ensayos de duración en las granjas

Todos los detalles dados en 11.4.3.2 y 11.4.3.3 aplicarán a los resultados de los ensayos de duración.

11.4.5 Ensayos en campos de los agricultores

Todos los detalles dados en 11.4.3.2 y 11.4.3.3 aplicarán a los resultados de los ensayos hechos en los campos de los agricultores.

11.4.6 Reparaciones, ajustes y recomendaciones para modificaciones.

APENDICE 11A

1. Hojas para trabajo de campo

1.1 Condiciones de prueba

Implemento:	Marca:	Test Nº:
	Tipo:	Fecha:

Ubicación del sitio:
Topografía:
Descripción del suelo:
Labranza previa:
Cultivo:
Tamaño parcela: m largo x m ancho

Malezas en área de m² antes de la prueba						
Malezas en área de m² después de la prueba						
Lectura del penetrómetro de cono (kPa)						
Firmeza al cizalle del suelo (kPa)						
Muestras para densidad aparente	1	2	3	4	5	6
Muestras para humedad del suelo	1	2	3	4	5	6

1.2 Tiempo para detenciones (muerto)

	Desde	Hasta	Razones, comentarios
1			
2			
3			
4			
5			

Tiempo para completar la prueba: h min

12 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE SEMBRADORAS Y PLANTADORAS

CONTENIDOS

12 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE SEMBRADORAS Y PLANTADORAS

12.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de varios tipos de sembradoras y plantadoras operadas manualmente, con tracción animal o accionadas por motor.

El procedimiento explica definiciones, términos y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que se medirán y examinarán para evaluar el comportamiento, capacidad de trabajo y adaptabilidad de la máquina para varios tipos de semillas y condiciones de suelo.

Será responsabilidad del Ingeniero de Pruebas decidir cuáles mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la máquina.

12.2 Definiciones y Procedimientos Generales

12.2.1 Sembradoras y Plantadoras

12.2.1.1 Sembradora Manual

Una sembradora manual deposita semillas en un hoyo que ella cava y espaciados por el operador que la lleva en la mano.

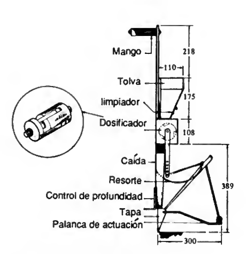


Figura 12.1 Sembradora Manual de Espeque
Fuente: RNAM, 1983

12.2.1.2 Sembradora Continua

Esta sembradora siembra semillas en dosis especificadas en hileras y a profundidad apropiadas. No está diseñada para depositar grupos de semillas.

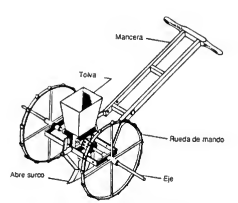


Figura 12.2 Sembradora manual de una hilera
Fuente: RNAM, 1983

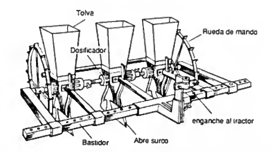


Figura 12.3 Sembradora de tres hileras montada en un tractor pequeño
Fuente: RNAM, 1983

12.2.1.3 Plantadora

Una plantadora puede depositar semillas en una dosis especificada en grupos o hileras espaciadas que permitan el cultivo mecánico entre hileras. También funcionará como una sembradora si es requerido.

12.2.1.4 Distribuidor de Campo

Un distribuidor de campo deja caer la semilla a todo el ancho de la tolva de semilla sin ninguna preparación del terreno. El distribuidor puede usarse como fertilizador.

12.2.2 Mediciones durante la Prueba

12.2.2.1 Ancho de Trabajo Teórico

Este es el ancho medido del implemento.

12.2.2.2 Ancho de Trabajo Efectivo

Se obtiene dividiendo el ancho de la parcela por el número de pasadas del implemento.

12.2.2.3 Profundidad de Trabajo

Generalmente se toma como la profundidad del abresurco. Sin embargo, la profundidad real de siembra variará de acuerdo a si la semilla cae o no en el fondo del surco, la cantidad de suelo que cubre la semilla y su grado de compactación.

Profundidades de siembra más exactas pueden obtenerse desenterrando las plantas después que hayan germinado.

12.2.2.4 Deslizamiento de la Rueda

Si la máquina tiene rueda motriz de tierra, un deslizamiento de la rueda ocurrirá en el trabajo normal. La distancia que la máquina avanza por un número dado de revoluciones de la rueda aumentará con el deslizamiento de la rueda. Se arrastra suavemente a la máquina o se la empuja sin que vaya sembrando y se registra la distancia recorrida en 5 revoluciones de la rueda (B). Durante el trabajo en terreno, se mide nuevamente la distancia que recorre en 5 revoluciones de la rueda (A).

El % de deslizamiento se calcula como sigue:

$$\text{Deslizamiento (\%)} = \frac{A - B}{B} \times 100$$

12.2.2.5 Uniformidad de Espaciamiento de Semillas

Para evaluar esta uniformidad se harán mediciones en el laboratorio o en el campo de las distancias entre semillas o grupos de semillas.

Uniformidad de espaciamiento =

$$\frac{\text{Espacio entre semillas (media) - Desviación estándar del espacio entre semillas}}{\text{Espaciamiento entre Semillas (media)}}$$

12.2.2.6 Peso de la Semilla

El peso de los diferentes tipos de semillas es clasificado por el peso de 1000 granos. Este se determina pesando al menos 8 muestras de 1000 granos. Luego se calcula el promedio de 1000 granos y se incluye en el informe.

12.2.2.7 Tamaño de la Semilla

Se medirán el largo, grosor y diámetro de la semilla. Los promedios de al menos 50 semillas son calculados e incluidos en el informe.

12.3 Procedimiento de Prueba

12.3.1 Máquina para Probar

Antes de hacer ninguna prueba, el fabricante proveerá una máquina completa en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de materiales, construcción, rango de ajustes y rendimiento esperado con varios tipos de semillas. En el informe de prueba serán presentadas las especificaciones completas.

12.3.2 Trabajo en Laboratorio

12.3.2.1 Especificaciones

Las especificaciones y detalles de ajustes dados por el fabricante serán revisados y confirmados.

Algunos de los ítemes a examinar son:

a) Mecanismo dosificador y método para cambiar la dosis de semilla entregada.
b) Tipos de abresurcos y tapadores.
c) Tipo de mecanismo para entregar grupos de semillas.
d) Tipo de mecanismo de transmisión de movimiento.
e) Controlador de profundidad.

Otros ítemes se listan en el formulario de especificaciones.

12.3.2.2 Pruebas al Mecanismo Dosificador

El objetivo de estas pruebas es examinar el desempeño del mecanismo dosificador, cuyos resultados proveerán los datos básicos para el desempeño en terreno.

12.3.2.2.1 Semillas para las pruebas

Las pruebas deben realizarse usando 3 tamaños diferentes de semilla para las cuales la máquina es apropiada según especificaciones del fabricante. Se debe especificar las semillas por tipo, peso de 1000 granos, tamaño medio y contenido de humedad.

Las semillas usadas para las pruebas no deben contener granos dañados para poder establecer el daño causado por la máquina.

12.3.2.2.2 Rango de siembra

Máquinas capaces de sembrar a diferentes dosis deben evaluarse en regulaciones de entrega máxima, media y mínima prácticas.

Todas las pruebas deben repetirse con la tolva llena, media y un cuarto llena.

a) **Sembradoras manuales** - Para la sembradora manual, el número de semillas entregadas por golpe, con el dosificador ajustado apropiadamente, debe confirmarse para cada tipo de semilla y diferentes niveles de llenado de la tolva.

b) **Sembradoras motrices** - Las sembradoras accionadas por rueda motriz o ETF se alzan sobre el suelo con un gato hidráulico y se pone a trabajar el mecanismo dosificador girando las ruedas motrices o ETF del tractor a velocidades recomendadas para operación en el campo. La cantidad de semilla entregada por cada salida en un tiempo dado (3 minutos por ejemplo) es pesada y junto con el número de revoluciones de la rueda motriz o ETF y el ancho de la máquina, se calcula el peso de semilla entregada por hectárea.

Un método alternativo es girar las ruedas el número de revoluciones requerido para cubrir un área dada. El número de revoluciones de cada rueda dosificadora si la máquina recorre, digamos, 1/100 hectárea es:

$$N = \frac{40\,000}{100 \times x \times n \times \pi d}$$

donde
e = espaciamiento entre hileras, m
n = número de hileras de la sembradora
d = diámetro de rodadura de la rueda, m

12.3.2.2.3 Daño a la semilla

Después de cada prueba se toman 3 muestras al azar y se pesan. Las semillas dañadas son separadas y su peso se expresa como % del peso total de la muestra.

12.3.2.2.4 Patrón de distribución de la semilla

Para simular las condiciones de campo se pasa la sembradora sobre una pista nivelada de al menos 10 m a la velocidad recomendada de operación de campo.

El área bajo la sembradora se cubre con un material para evitar que las semillas reboten. Materiales adecuados son arena limpia, cáscara de coco, fieltro grueso o papel engrasado o con aceite grueso.

Se hacen pasadas para cada variedad de semilla a usar a tres dosificaciones diferentes. Después de cada pasada, se registra y examina los espaciamientos y distribución de las semillas. Luego se calcula el espaciamiento promedio entre semillas, la desviación estándar del espaciamiento y la uniformidad.

12.3.3 Trabajo de Campo

El rendimiento efectivo de sembradoras y plantadoras solo puede ser determinado mediante pruebas en el campo. Se puede obtener datos confiables acerca de cómo la dosificación y el espaciamiento entre semillas es afectado por el movimiento y vibración y sobre la facilidad de manejo, mantención y requerimientos de ajuste para varios tipos de semillas y condiciones de suelo.

12.3.3.1 Condiciones de Prueba

12.3.3.1.1 Tractores y animales de tracción

Los tractores usados para la prueba deben ser compatibles con el implemento bajo prueba y deben ser conducidos por operadores con experiencia. Los animales de tracción y sus conductores deben estar bien entrenados y, en lo posible, familiarizados con el implemento bajo prueba. Los animales deben estar en buenas condiciones y deben estar disponibles registros de su salud y régimen alimentario. El número de animales requerido dependerá de la tracción del implemento y debe considerarse que la tracción del animal será 10% de su peso corporal aproximadamente.

12.3.3.1.2 Campos

Las sembradoras y plantadoras son implementos que tienen contacto con el suelo, y su rendimiento variará con el tipo y condición de los suelos del campo. Las siguientes condiciones deberán quedar claramente establecidas en el informe de prueba.

a) Area y forma de la parcela de prueba
b) Tipo y carácter del suelo
c) Topografía
d) Tipo de labranza (si hubo)
e) Condiciones del suelo (Sección 4.2).

El terreno seleccionado para las pruebas debe reflejar los objetivos de la prueba y puede incluir un rango típico de condiciones de la granja. Las parcelas delineadas dentro del terreno deberán ser rectangulares con los lados a razón de 2:1, al menos. Se recomiendan parcelas de 40 m de largo por 20 m de ancho.

12.3.3.2 Procedimiento de Prueba

Las pruebas deben hacerse con al menos 3 tipos de semilla y 3 condiciones de suelo. Usando la información obtenida durante las pruebas de laboratorio, se ajustará el mecanismo dosificador para entregar la dosis requerida por cada tipo de semilla. La tolva será llenada antes de la prueba con semilla previamente pesada.

12.3.3.2.1 Rendimiento

Para evaluar el rendimiento total, la parcela deberá terminarse sin paradas a menos que sea necesario hacer ajustes, averías o descanso para los animales.

Durante la prueba, se deberá tener cuidado de que el mecanismo dosificador trabaje correctamente y que no se bloqueen las salidas de semillas. Al final de la prueba, las tolvas se vacían y se pesa la semilla remanente. También deberán hacerse las siguientes mediciones:

a) Número de pasadas
b) Número de hileras por pasada
c) Espaciamiento entre hileras
d) Profundidad de los abresurcos
e) Velocidad de avance (Sección 2.2.5)
f) Fuerza de tracción y ángulo de aplicación (Sección 4.6.1.2)
g) Deslizamiento, donde sea aplicable
h) Tiempo empleado en vueltas
i) Tiempo empleado en otras acciones
j) Tiempo total de operación

También se harán observaciones de lo siguiente:

a) Facilidad de manejo
b) Facilidad de ajuste
c) Mantenimiento de la profundidad
d) Bloqueo de partes que trabajan

12.3.3.2.2 Patrón de distribución de la semilla

Será necesario hacer 5 veces por parcela mediciones de localización de la semilla, por lo que se recomienda trabajar primero con un pequeño número de hileras, hacer las mediciones necesarias de tiempo y fuerza de tracción y luego detenerse al final de una hilera anotando el tiempo empleado en completar esa sub - parcela. La siguiente hilera (o dos) será usada para mediciones relacionadas con la localización de la semilla. Cuando se haya completado esto, se puede hacer otra sub - parcela y el proceso continuará hasta el final ya que hay 5 repeticiones de rendimiento y 5 para localización de la semilla.

Cuando el implemento produce un pequeño surco o hendija donde se deposita la semilla, es necesario que éste permanezca abierto para que la semilla queda expuesta y pueda hacerse la medición. Puede ser necesario hacer deflectores especiales que puedan instalarse rápidamente al abresurco para asegurarse de ello. Los cubridores serán retirados.

Para propósitos de medición un largo de 2m (5 repeticiones) es suficiente. Debe colocarse una cinta estirada o regla especial marcada a lo largo del surco coincidiendo con el inicio de los 2m de largo; la distancia a partir de esta línea cero de cada semilla deberá registrarse. Luego se calcula el espacio promedio entre semillas y su desviación estándar.

Este método es también apropiado para siembra en grupos. Con un implemento tal como una plantadora por inyección rotatoria, generalmente se tiene una indicación donde las puntas entran al suelo. Se puede encontrar el espacio promedio entre grupos de semilla y su desviación estándar midiendo la distancia en 10 golpes sucesivos con 5 repeticiones.

Cuando las semillas son plantadas en grupos, el número de semillas por grupo puede obtenerse de mediciones como las anteriores. Con la plantadora de inyección rotatoria, el número de semillas por grupo puede ser contado solamente escarbando cada grupo plantado. Un total de 20 grupos deberán ser examinados para obtener la profundidad de siembra y número de semillas por grupo.

12.3.3.2.3 Método de la germinación

La emergencia de las plantas puede usarse como indicador del trabajo realizado por la sembradora o plantadora. Sin embargo, debe comprenderse que hay muchos otros factores que causan que falle la emergencia del cultivo, en la misma forma que un pobre desempeño de la máquina. Antes de las pruebas de campo, se debe establecer en laboratorio, con al menos 5 muestras, la tasa de germinación de la semilla.

La tasa de germinación es el porcentaje de semillas de la muestra que han germinado. Este valor permitirá establecer la dosis de siembra para la prueba como sigue:

$$\text{Dosis para la prueba (kg/ha)} = A + A \frac{(100 - G)}{100}$$

Donde A = Dosis recomendada en kg/ha
G = Tasa de germinación en %

El mecanismo dosificador deberá ajustarse como se describió para las pruebas de laboratorio. El trabajo de campo y las mediciones deberán realizarse como se especificó en las Secciones 12.3.3.2 y 12.3.3.2.1. Alrededor de 2 - 3 semanas después de sembrar o plantar se hace un conteo de las plantas en terreno. Se cuenta el número de plantas en 10 hileras de 2 m. A partir del valor promedio se estima el total de plantas en el terreno. El porcentaje de la población original puede ser calculado e incluido en el informe.

12.3.3.3 Aplicación de Fertilizante

Cuando a las sembradoras se le adaptan unidades fertilizadoras, se realizan pruebas similares a las de las sembradoras en el laboratorio y en el campo.

12.3.3.3.1 Prueba de laboratorio

La máquina trabajará sobre una pista nivelada, de 5m de largo, a la velocidad recomendada para trabajar en el campo. El área debajo de la máquina será cubierta con una lona y se medirá la cantidad de fertilizante depositado cada 500mm; contenedores de tamaño apropiado también podrían ser usados.

Esto permitirá calcular las dosis totales de aplicación y graficar histogramas de los patrones de distribución. Las pruebas son hechas con fertilizante granulado para 3 dosis de aplicación y 3 niveles en la tolva. El tipo de fertilizante usado y los resultados se presentan resumidos en el informe.

12.3.3.3.2 Prueba de campo

La información requerida se obtiene al mismo tiempo que aquella requerida para las sembradoras y usando los mismos procedimientos. Si se requiere una evaluación de la profundidad de aplicación y localización del fertilizante debe usarse gránulos plásticos brillantemente coloreados y una alta dosis de aplicación. Esto facilitará su identificación bajo el suelo. También se harán observaciones sobre aspectos de operación, mantenimiento, ajustes y bloqueos.

12.4 Informe de la Prueba

12.4.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales del implemento.

12.4.2 Especificaciones

12.4.2.1 Tipo de implemento
Fuente de potencia:

12.4.2.2 Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

12.4.2.3 Nº de hileras y espaciamiento cm

12.4.2.4 Ancho nominal de trabajo m

12.4.2.5 Distancia entre grupos, si es aplicable cm

12.4.2.6 Semillas y su condición para la cual el equipo es apropiado[1]

12.4.2.7 Número de aberturas para el fertilizante y fertilizantes para los cuales el equipo e apropiado.

12.4.2.8 Condiciones de campo apropiadas[2]

12.4.2.9 Dimensiones generales

Largo: cm
Ancho: cm
Alto: cm

12.4.2.10 Peso total sin semilla ni fertilizante: kg

12.4.2.11 Avance

Fuente de potencia (carga, arrastre o integral):
Potencia recomendada del tractor si se requiere: kW

12.4.2.12 Mecanismo dosificador

Tipo y método para cambiar la dosis:
Semilla:
Fertilizante:

Fuente de potencia para el mecanismo dosificador (Rueda motriz o ETF del motocultor o tractor)
Velocidad recomendada del ETF (si es aplicable): rev/min

Mecanismo de transmisión y relación de velocidades entre el eje del dosificador y eje motriz (rueda o ETF):

12.4.2.13 Mecanismo para sembrar grupos

12.4.2.14 Tolva

Número:	(Semilla)	(Fertilizante)	
Capacidad:	"	"	litros
Material:	"	"	

[1]Pregerminado o no

[2]Sin labrar, labrado, arrozal inundado

12.4.2.15 Embrague del dosificador

Tipo:
Ubicación:

12.4.2.16 Abresurcos u hoyos

Tipo:

Material:

12.4.2.17 Cubridor

Tipo:
Material:

12.4.2.18 Ubicación de la salida del fertilizante respecto de la semilla

12.4.2.19 Rueda motriz

Tamaño: cm
Material:

12.4.2.20 Timón del equipo de tracción animal

Construcción:
Altura de timón sobre el suelo: cm
Detalles de ajuste:

12.4.2.21 Marcador

Detalle del marcador:

12.4.2.22 Enganche

Forma y construcción (En caso de unidades integrales al tractor, la categoría del enganche de tres puntos)

12.4.2.23 Aspectos de seguridad

Cubierta:
Transmisión de potencia
Otras partes en movimiento:
Otros detalles:

12.4.2.24 Velocidad de avance recomendada km/h

12.4.2.25 Capacidad de trabajo (según el fabricante) ha/h

12.4.2.26 Cualquier otro detalle

12.4.3 Resumen de Condiciones y Resultado de las Pruebas

12.4.3.1 Pruebas de Laboratorio

Las pruebas deberán hacerse con 3 tipos de semillas y fertilizantes diferentes; los formularios para los datos se presentan más adelante.

12.4.3.1.1 Dosificador de Semilla

Fecha de las pruebas

(a) Condición de prueba

(1) Condición de la semilla

i)	Nombre de la semilla	
ii)	Variedad	
iii)	Forma	
iv)	Tamaño de la semilla	
	Longitud	mm
	Ancho	mm
	Grosor	mm
v)	Peso de 1000 granos	g
vi)	Contenido de humedad	%
vii)	Densidad aparente	g/cm^3
viii)	Preparación de la semilla	
ix)	Limpieza, uniformidad de tamaño, etc	

(2) Condición de la máquina

i) Ajuste de la velocidad del eje dosificador (si hay), mecanismo y velocidad
ii) Ajuste del orificio de entrega

b) Dosis de entrega

			Ajuste de la Dosificacion								
			Maxima			Intermedia			Minima		
			Cantidad de Semilla en la Tolva								
			1/1	½	¼	1/1	½	¼	1/1	½	¼
1.	Dosificador operado manualmente (espeque, almocafre)										
i)	Número de semillas entregadas por movimiento de la mano										
ii)	Tasa de entrega estimada Espacio entre hileras Espacio entre grupos	kg/ha cm cm									
iii)	Semilla dañada por el dosificador	%									
2.	Dosificador operado por rueda motriz										
i)	Diámetro efectivo de la rueda	m									
ii)	Rev. de la rueda motriz para medir la entrega										
iii)	Entrega para (ii) arriba	kg									
iv)	Dosis de entrega	kg/ha									
v)	Tasa de semilla dañada por el dosificador	%									
vi)	Espaciamiento medio entre semillas	mm									
vii)	Uniformidad del espaciamiento										
3.	Dosificador accionado por ETF										
i)	Velocidad del ETF	rev/min									
ii)	Velocidad de avance en relación a (i) arriba	km/h									
iii)	Tiempo para medir la entrega	s									
iv)	Semilla entregada en (iii) arriba	kg									
v)	Dosis de entrega	kg/ha									
vi)	Tasa de semilla dañada por el dosificador	%									
vii)	Espaciamiento medio entre semillas	mm									
viii)	Uniformidad del espaciamiento										

12.4.3.1.2 Dosificador de fertilizante

(a) Condiciones de la Prueba

(1) Condición del Fertilizante

i) Clase
ii) Nombre
iii) Forma
iv) Distribución de tamaño del fertilizante
v) Contenido de humedad %
vi) Densidad aparente g/cm^3

(2) Condición de la máquina

i) Ajuste de la velocidad del eje del dosificador (si hay), mecanismo y velocidad
ii) Ajuste del orificio de entrega

b) Dosis de entrega

		Ajuste de la Dosificación								
		Máxima			Intermedia			Mínima		
		Cantidad de Semilla en la Tolva								
		1/1	½	¼	1/1	½	¼	1/1	½	¼
1.	Dosificador operado por rueda motriz									
i)	Diámetro efectivo de la rueda m									
ii)	Revoluciones de la rueda motriz para medir la dosis de entrega									
iii)	Entrega para (ii) arriba kg									
iv)	Dosis de entrega kg/ha									
2.	Dosificador accionado por ETF									
i)	Velocidad del ETF rev/min									
ii)	Velocidad del tractor en relación a (i) arriba km/h									
iii)	Tiempo para medir la entrega s									
iv)	Dosis de entrega kg/ha									
3.	Patrón de depositación del fertilizante (línea, banda, espaciado, etc)									

12.4.3.2 Pruebas de Campo

Las pruebas deberán realizarse sobre 3 condiciones de suelo con 3 diferentes tipos de semilla y fertilizante. El formulario para colectar los datos es el siguiente.

		PRUEBA NUMERO					
		PRUEBA DE RENDIMIENTO			PRUEBA PRACTICA EN EL CAMPO		
		1	2	3	1	2	3
Fecha de la Prueba							
1. Condiciones de la prueba							
(a) Condición de la semilla							
1) Nombre de la semilla							
2) Variedad							
3) Forma de la semilla							
4) Tamaño de la semilla							
Largo	mm						
Ancho	mm						
Grosor	mm						
5) Peso de 1000 granos	g						
6) Contenido de humedad (base húmeda)	%						
Densidad aparente	kg/l						
7) Preparación de la semilla							
8) Tasa de germinación en laboratorio	%						
9)							
(b) Condición del fertilizante							
1) Nombre de fertilizante							
2) Clase del fertilizante							
3) Forma del fertilizante							
4) Distribución del tamaño							
5) Contenido de humedad (base húmeda)	%						
6) Densidad aparente	kg/l						
(c) Condiciones de Campo							
1) Ubicación							
2) Breve descipción del terreno y del suelo							
3) Labranza anterior							
4) Tamaño de la parcela	m^2						
5) Lectura del penetrómetro	kPa						
6) Uniformidad de la superficie							
7) Tamaño medio de terrones	cm						
8) Contenido de humedad del suelo	%						

			PRUEBA NUMERO					
			PRUEBA DE RENDIMIENTO			PRUEBA PRACTICA EN EL CAMPO		
			1	2	3	1	2	3
2.	Resultados de la Prueba							
1)	Número de hileras por paso							
2)	Espaciamiento entre hileras							
3)	Calibración inicial del dosificador de semillas	kg/ha						
4)	Velocidad	m/s						
5)	Ancho de trabajo	cm						
6)	Profundidad de trabajo	cm						
7)	Capacidad de campo	ha/h						
8)	Eficiencia de campo	%						
9)	Tracción horizontal	N						
10)	Potencia de entrada	kW						
11)	Patinaje del tractor	%						
12)	Deslizamiento de la sembradora	%						
13)	Dosis total de siembra	kg/ha						
14)	Espaciamiento entre semillas	mm						
15)	Uniformidad del espaciamiento							
16)	Profundidad de la semilla	mm						
17)	Uniformidad de la profundidad de la semilla							
18)	Espaciamiento entre grupos	mm						
19)	Uniformidad del espaciamiento entre grupos							
20)	Semillas por grupo							
21)	Uniformidad de semillas por grupo							
22)	Tasa de grupos perdidos	%						
23)	En el caso de sembradoras muestrear:							
i)	Plantas establecidas por ha cuando las plantas tienen de 2 a 3 hojas							
ii)	Razón de plantas establecidas contra semillas sembradas	%						

12.4.4 Comentarios sobre facilidad de ajuste, operación

12.4.5 Reparaciones y ajustes durante las pruebas

12.4.6 Otros comentarios

APENDICE 12A

(Fuente: AIRIC, 1987)

Pruebas de Laboratorio para Dosificación de Semilla

Implemento: Prueba Nº:

Potencia: (kW) Fecha:

Tipo de Semilla: Tiempo en vueltas: (s)

Peso de 1000 grano (g) Revs. de la rueda motriz (rev)

	Peso de la Semilla Dosificada								
	Salida 1			Salida 2			Salida 3		
Nivel de la Tolva	Lleno	½	¼	Lleno	½	¼	Lleno	½	¼
Posición Máximo									
Posición Media									

Semilla dañada

	1	2	3
Muestras de arriba			
Peso de muestra g			
Semilla dañada, g			

Dosis de la semilla[3]* Máxima kg/ha

Mínima kg/ha

[3]*Significa valor promedio

APENDICE 12B

Prueba de Laboratorio para Distribución de la Semilla

Tipo de semilla: Dosis[4*] kg/ha: Peso 1000 granos: g

Distancia entre hileras: cm Nº semillas/m[4*]:

Velocidad de avance: Tiempo para recorrer 4 m: sec:

Distribución de semilla medida /m de hilera[5**]

Dist. entre 2 semillas	No. de distancias en 1m de hilera	No. de distancias en 1m de hilera	No. de distancias en 1m de hilera
5			
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			
105			
-			
-			
-			

[4*]Use cifras recomendadas

[5**]En caso de siembra en grupos, indique el número de semillas promedio por grupo en paréntesis después del número de distancias en una clase de distancia

APENDICE 12C

Formulario para Datos de Terreno (Sembradoras y Plantadoras) de Tracción Animal

PRUEBA Nº:

FECHA:

IMPLEMENTO:

LABORATORIO: Conteo de germinación: Viabilidad %

Dosis recomendada: kg/ha

Dosis actual: kg/ha

CAMPO Ubicación y Sitio:

Descripción topografía y suelo:

Condición del terreno y labranza previa:

Tamaño parcela: largo m Ancho m

Resistencia al Penetrómetro de cono (kPa)						
Muestras para análisis de terrones (antes de la prueba)	1	2	3	4	5	6
Muestras para contenido de humedad	1	2	3	4	5	6

Niveles del terreno antes de la prueba:

Ajuste de mecanismo dosificador:	
No. de hileras/pasada:	
Distancia entre hileras:	cm
Profundidad de los abresurcos en la suelo:	cm

Peso de semilla usado: + =

Tiempo al inicio de la prueba:				h	m	s
	1	2	3	4	5	6
Tiempo para m de avance(s)						
Tiempo para 2 hileras completas (min)						
Lectura del dinamómetro (kgf) (N)						
Angulo del dinamómetro (°)						

Tiempo muerto:

	Desde	Hasta	Razónes, comentarios
1			
2			
3			
4			

Profundidad de la semilla:

Hora de terminar

h	m	s

No. total de pases

Peso de semilla remanente en la tolva(s)

kg

Sembradoras continuas: Distancia entre semillas en 2m de hilera - 5 repeticiones

Siembra de grupos: No. de semillas/grupo

Evaluación general:

Calidad del trabajo, uniformidad, etc.

Evaluación del operador:

Facilidad de control, carga para los animales, etc

Otros comentarios:

APENDICE 12D

Formulario para Cálculos - Sembradoras y Plantadoras de Tracción Animal

Prueba No:..............

Fecha:...............

*Indica valor promedio

	Unidad	Símbolo	Valor
Tamaño de parcela completada (área)	m^2	M	
Indice de cono*	kg/cm^2	C	
Uniformidad de superficie*	-	E_s	
Diámetro medio de terrones*	cm	MCD	
Humedad del suelo*	%		
Velocidad de avance*	m/s	S	
Ancho de trabajo*	cm	W	
Tiempo para completar área M	h	T	
Capacidad de campo actual = M/(10 000 T)	ha/h		
Capacidad de campo teórica = 0.0036 WS	ha/h		
Eficiencia de campo = 2.778 M/TWS	%		
Promedio de tiempo para vueltas y tiempo muerto/hilera	s		
Fuerza de tracción medida*	kgf(N)	B	
Angulo de conexión del dinamómetro*	o	Θ	
Tracción horizontal B cos Θ	kgf(N)	F	
Potencia = $\frac{F(kgf)S}{0.10197}$ o F(N)S	W	K	
Profundidad de siembra*	cm	d^1	

APENDICE 12E

Formulario para Calcular Eficiencias de Siembra - para Sembradoras y Plantadoras

Laboratorio y Campo	Unidad	Símbolo	Valor	
			Lab.	Campo
Distancia entre semillas*	cm	SS		
Deviación estándar de SS	cm	SSD		
Uniformidad de espaciamiento = (SS-SSD)/SS	-	E_u		
Profundidad de siembra*	cm	d^1		
Deviación estándar de d^1	cm	$d^1{}_d$		
Uniformidad de profundidad de siembra = $(d^1-d^1{}_d)/d^1$	-	E_d		
Distancia entre grupos*	cm	HS		
Deviación estándar de HS	cm	DSD		
Uniformidad de distancia entre grupos = (HS-HSD)/HS	-	E_h		
No. de semillas/grupo*	-	h		
Dev. estándar de h	-	hSD		
Unformidad de semillas/grupo	-	E_n		
Del Laboratorio				
Peso de 1000 granos	g	1000gw		
Dimensiones de las semillas				
Tasa de germinación				
Peso de muestra de semilla pasa da por el dosificador	g	w^1		
Peso de semillas rotas en la muestra	g	b^1		
Eficiencia de rotura de semillas = $(w^1-b^1)/w^1$	-	E_b		

* Significa valor promedio

13 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE FERTILIZADORAS

CONTENIDOS

13 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE FERTILIZADORAS

13.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de fertilizadoras de tracción animal y motriz.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que se medirán y examinarán para evaluar el comportamiento, capacidad de trabajo y adaptabilidad para usarla con diferentes fertilizantes y condiciones de terreno.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la máquina.

13.2 Definiciones y Procedimientns Generales

13.2.1 Tipos de Distribuidores

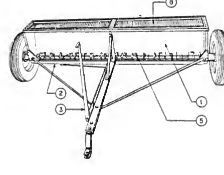
13.2.1.1 Máquinas de Ancho Completo

El fertilizante se lleva en una tolva que ocupa todo el ancho de la máquina. Mecanismos alimentadores accionados por la rueda motriz, como rodillo acanalado, agitador, placa y expulsor, guían el fertilizante a la salida debajo de la tolva. La unidad puede ser parte integral de una sembradora donde el fertilizante es dirigido hacia los tubos de salida, los cuales van junto a los abresurcos de disco y es depositado con las semillas o adyacente a ellas.

13.2.1.2 Máquinas al Voleo

Estas máquinas tienen tolva para el fertilizante en forma de cono truncado sobre un disco giratorio o un caño oscilante que dispersa el fertilizante. La unidad puede ser accionada por una rueda motriz o puede ser montada al enganche integral del tractor y accionada por su ETF.

1) Tolva
2) Base de la tolva
3) Palanca de la dosis
4) Pasada del fertilizante
5) Eje de mecanismo distribuidor
6) Agitadores
7) Alimentadores
8) Malla



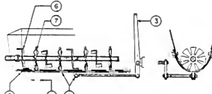


Figura 13.1 Distribuidora de fertilizante de ancho completo
Fuente: Berlijn, 1978

1) Tolva
2) Agitador
3) Mecanismo dosificador
4) Palanca de ajuste
5) Mecanismo distribuidor
6) Eje de mando
7) Ajuste del patrón de distribución

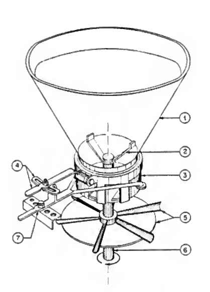


Figura 13.2 Distribuidora de fertilizante centrífuga
Fuente: Berlijn, 1978

13.2.2 Contenido de Humedad

Se toman al azar por lo menos 5 muestras de cada tipo de fertilizante usado en las pruebas. Después de pesar las muestras se toman cantidades de 25 a 30 g para secarlas al horno a 100°C por 24 h. Luego de enfriar las muestras, ellas son nuevamente pesadas.

$$\text{Contenido de humedad (base húmeda), \%} \; \frac{\text{(Peso de la muestra húmeda - Peso de la muestra seca}}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

13.2.3 Deslizamiento de la Rueda

Si la máquina es accionada por una rueda motriz, habrá patinaje durante el trabajo normal. La distancia que la máquina avanza en un número dado de revoluciones de la rueda motriz aumenta cuando hay patinaje.

La máquina será arrastrada lentamente o empujada hacia adelante sin trabajar y se registra la distancia que avance en 5 revoluciones de la rueda (B).

Durante el trabajo de campo, se mide nuevamente la distancia recorrida en 5 revoluciones (A). El % de deslizamiento se calcula como sigue:

$$\text{Deslizamiento (\%)} \; \frac{A - B}{B} \times 100$$

13.3 Procedimiento de Prueba

13.3.1 Máquina para la Prueba

Previo a cualquier trabajo, el fabricante proporcionará una máquina completa en buenas condiciones de trabajo, junto con las especificaciones de los materiales, construcción, rango de ajustes y rendimiento esperado con varios tipos de fertilizante. Las especificaciones completas serán presentadas en el informe de prueba.

13.3.2 Trabajo de Laboratorio

13.3.2.1 Especificaciones

Las especificaciones y detalles de ajustes dados por el fabricante serán revisados y confirmados. Algunos de los items a examinar son:

a) Mecanismo dosificador y método para cambiar la dosificación
b) Tipo de mecanismo accionador
c) Método de distribución
d) Controles de altura y profundidad
e) Tamaño de las tolvas

Otros items serán listados en las especificaciones.

13.3.2.2 Pruebas de Mecanismos Dosificadores

El objetivo de estas pruebas es examinar el comportamiento del dosificador, cuyos resultados proveerán los datos básicos de rendimiento en el campo y confirmarán la información del fabricante.

13.3.2.2.1 Fertilizante para las pruebas

El fertilizante usado será aquel disponible en el mercado local. Cada tipo será especificado por su distribución de tamaño de partículas, densidad aparente y contenido de humedad, y cumplirá con las recomendaciones del fabricante de la máquina.

13.3.2.2.2 Distribuidoras de ancho completo

13.3.2.2.2.1 Tasa de aplicación

La tasa de aplicación en kg/ha será calculada de las tasas medidas en el laboratorio en 1/100 ha. La distancia para cada prueba se calcula como sigue:

$$\text{Distancia de la prueba (m)} = \frac{100}{\text{Ancho nominal de la máquina (m)}}$$

La máquina será operada sobre un área nivelada por la distancia requerida a la velocidad recomendada por el fabricante y con la tolva medio llena. Se harán, por lo menos, 2 pruebas para cada una de las tasas de aplicación máxima, mínima y media.

Si el fabricante recomienda on rango de velocidades deben hacerse pruebas adicionales para establecer los efectos de la velocidad de avance sobre la tasa de aplicación. Pueden hacerse otras pruebas para establecer los efectos de la cantidad de fertilizante en la tolva.

Cuando el distribuidor es parte de una sembradora y tiene tubos de entrega, se sacan los abresurcos y durante las pruebas se colecta el fertilizante en bolsas amarradas a cada tubo. Si una máquina no tiene tubos de entrega se cubre el piso con lona o plástico para juntar el fertilizante después de cada prueba.

En cada caso, el peso total del fertilizante colectado durante las pruebas es usado para calcular la tasa de aplicación en kg/ha.

13.3.2.2.2.2 Distribución transversal

Durante las pruebas para la tasa de aplicación y con la tolva medio llena, se registra el fertilizante entregado por cada tubo. Para otras máquinas, el material dispersado será dividido en franjas longitudinales iguales al número de salidas y se pesa.

Los resultados se presentan en forma de histogramas (Sección 4.6.3) y se registran los porcentajes de variación, respecto del promedio, de la mayor y menor entrega.

13.3.2.2.2.3 Distribución longitudinal

A la velocidad nominal usada para las pruebas de tasa de aplicación y con el ajuste promedio de dosificación, se harán pruebas sobre una distancia de 5 m. Usando 4 salidas individuales, una será probada cada vez y el fertilizante distribuido sobre cada 50 cm de longitud será agregado (sumado).

Los resultados serán presentados en histogramas y se registrarán los porcentajes de variación del mayor y menor valor a partir del promedio.

13.3.2.2.2.4 Efecto de la vibración

Esta prueba será una repetición de la distribución longitudinal con el agregado de topes estándares de 4 cm de altura colocados a intervalos de 1 m debajo de las ruedas alternadamente. Se harán pruebas de 15 m y los resultados serán comparados con aquellos de la prueba de distribución longitudinal.

13.3.2.2.3 Máquinas al Voleo

13.3.2.2.3.1 Tasa de aplicación

La tasa de aplicación para un ajuste y velocidad de avance dados, solo podrá determinarse cuando el ancho óptimo de la franja aplicada se haya establecido. El ancho de la franja aplicada depende del grado de traslapo requerido por la máquina para producir una distribución uniforme que podrá determinarse con las pruebas de distribución transversal. Si la máquina es accionada por el ETF, la tasa de aplicación se establece operando la máquina por el tiempo calculado equivalente para cubrir 1 ha. El tiempo es calculado como sigue:

$$\text{Tiempo (min)} = \frac{600}{\text{Ancho de la franja (m) x Velocidad (km/h)}}$$

Para máquinas con rueda motriz, la distancia se calcula como para las fertilizadoras de ancho completo. Se llena la tolva y se opera la máquina durante el tiempo o la distancia calculados. Se pesa el fertilizante necesario para rellenar la tolva y se calcula el rendimiento en kg/ha con estos datos. Se harán al menos dos pasadas en las posiciones de ajuste: máxima, mínima y media. Si el fabricante recomienda un rango de velocidades del ETF o de avance, se harán pruebas adicionales para establecer el efecto de la velocidad sobre la tasa de aplicación.

13.3.2.2.3.2 Distribución transversal

La máquina será operada sobre un piso nivelado a velocidad y ajuste normales. Durante la prueba se recolecta el fertilizante en una serie de bandejas (150 mm x 1000 mm x 150 mm de profundidad) colocadas perpendicularmente a la dirección de avance. Después de cada repetición, se pesa el contenido de cada bandeja y se gráfica un histograma del patrón de distribución (Sección 4.6.3). Si no se dispone de bandejas, un método alternativo es pasar la máquina sobre un piso limpio y luego barrer en franjas iguales y paralelas a la dirección de avance para luego pesar las cantidades recolectadas.

13.3.2.2.3.3 Ancho óptimo de la franja

Usando los resultados de las pruebas de distribución transversal, se grafican histogramas de la tasa total de aplicación en varios puntos de traslapo a través de la franja (Sección 4.6.3). Con estos resultados, se establece el ancho óptimo de aplicación.

13.3.3 Trabajo de Campo

Se realizarán pruebas bajo condiciones de campo cubriendo al menos 1/10 ha en 3 condiciones de suelo usando varios fertilizantes que permitan observaciones de aspectos prácticos del uso de la máquina.

13.3.3.1 Tasa de aplicación

La tolva será llenada totalmente (o hasta una marca conveniente) y la máquina será operada por un tiempo corto para asentar el fertilizante. Se volverá a llenar y con el ajuste de entrega en un punto medio y a velocidad nominal se usará la máquina para cubrir el área requerida. Se medirá el peso del fertilizante requerido para rellenar la tolva y se registrará la tasa de aplicación en kg/ha.

13.3.3.2 Deslizamiento de las ruedas

Durante las pruebas con máquinas accionadas por rueda motriz, se medirá el patinaje como se detalló en el item 13.2.3 de este procedimiento.

13.3.3.3 Hundimiento de las ruedas

La profundidad de penetración de las ruedas motrices de la máquina será medida con la tolva llena y vacía.

13.3.3.4 Fuerza de Tracción

Se medirá la fuerza de tracción de la máquina completamente cargada durante el trabajo normal.

13.3.3.5 Ubicación del Fertilizante

Si la máquina es parte de una sembradora y está diseñada para ubicar el fertilizante con o cerca de la semilla, se hará la prueba siguiente. Se sembrarán semillas pero en lugar de fertilizante se usarán gránulos de plástico brillantemente coloreados.

Se operará la máquina a velocidad nominal, a la profundidad recomendada y se observará el patrón de ubicación a lo largo de las líneas sembradas. Se harán, al menos, 100 mediciones de la profundidad de las semillas y los gránulos y la distancia horizontal entre las semillas y los gránulos.

13.3.3.6 Comentarios

Se harán comentarios de los efectos de la vibración y deslizamiento de las ruedas sobre la tasa de alimentación junto con aquellos sobre facilidad de recarga, ajustes y limpieza.

13.4 Informe de la Prueba

13.4.1 Diagrama/Fotografía

Deberá proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de la máquina.

13.4.2 Especificaciones

13.4.2.1 Tipo de distribuidor:
Fuente de potencia:

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

13.4.2.2 Dimensiones generales

Largo:	m
Ancho:	m
Alto:	m

13.4.2.3 Peso total sin fertilizante: kg

13.4.2.4 Máquinas de ancho completo

Ancho nominal de trabajo:	cm
Número de aberturas:	
Espaciamiento entre aberturas:	cm
Localización de la salida del fertilizante en relación con la salida de la semilla:	cm

13.4.2.5 Máquinas al voleo

Número de discos o caños	
Tamaño de los discos o caños	cm

13.4.2.6 Transporte

Fuente de potencia (cargar, arrastrar, integral):	
Velocidad de avance recomendada:	m/s
Potencia recomendada:	kW

13.4.2.7 Mecanismo dosificador

Tipo y método para cambiar la dosis:	
Fuente de potencia para accionar el mecanismo:	
Velocidad recomendada del ETF:	rev/min

Mecanismo de transmisión y relación de velocidad entre el eje dosificador y el eje impulsor:

13.4.2.8 Tolva

Número:	
Capacidad:	kg(m^3)
Material:	

13.4.2.9 Control del mecanismo dosificador

Tipo:
Ubicación:

13.4.2.10 Rueda motriz

Tamaño:
Material:

13.4.2.11 Mancera del equipo de tracción animal

Construcción:	
Altura sobre el nivel del suelo:	cm
Detalle de ajuste:	

13.4.2.12 Marcador

Tipo:
Forma de marcar:

13.4.2.13 Enganche

Tipo y construcción:
Categoría del enganche de tres puntos:

13.4.2.14 Dispositivos de seguridad

En la transmisión de potencia:
En otras partes:

13.4.2.15 Capacidad de trabajo según el fabricante: ha/h y kg/ha

13.4.2.16 Otros detalles

13.4.3 Resumen de las Condiciones de Prueba y Resultados

13.4.3.1 Pruebas de Laboratorio

Deberán prepararse diferentes hojas de datos para cada tipo de fertilizante usado.

13.4.3.1.1 Tasa de aplicación

Fecha de las pruebas:

13.4.3.1.1.1 Condiciones de las pruebas

a) Fertilizante

Clase:
Nombre:
Forma:
Distribución de tamaño:
Contenido de humedad: %
Densidad aparente kg/l

b) Máquina

Ajuste de la velocidad del eje dosificador: rev/min
Ajuste de la abertura de entrega

13.4.3.1.1.2 Tasa de entrega

		Posición del ajuste de dosificación		
		Máxima	Promedio	Mínima
		Velocidad, km/h	Velocidad, km/h	Velocidad, km/h
a)	**Máquina con rueda motriz** Distancia para 1/100 ha, m Peso del fertilizante colectado, kg Tasa de aplicación, kg/ha Variaciónes respecto al promedio, Transversal: máx, +% mín, -% Longitudinal: máx, +% mín, -%			
b)	**Máquina accionada por ETF** Velocidad del ETF, rev/min Tiempo medido, min Peso total del fertilizante recolectado, kg Ancho óptimo de la franja, m Tasa de aplicación, kg/ha			

13.4.3.2 Pruebas de Campo

		Número de prueba					
		1	2	3	4	5	6
a)	**Fertilizante** Clase: Nombre: Contenido de humedad, % Densidad aparente, kg/l						
b)	**Suelo** Tipo y condición: Labranza previa: Uniformidad de la superficie:						
c)	**Distribuidor** Velocidad del ETF, rev/min Velocidad de avance, km/h Franja de aplicación, m Tasa de aplicación, kg/ha Deslizamiento de las ruedas, % Hundimiento de las ruedas, mm Fuerza de tracción, N						

13.4.3.3 Reparaciones y ajustes durante las pruebas

13.4.3.4 Comentarios sobre el desempeño

13.4.3.4.1 Facilidad de recarga

13.4.3.4.2 Facilidad de ajuste de las dosis de entrega

13.4.3.4.3 Variaciones en la distribución transversal y longitudinal

13.4.3.4.4 Facilidad de limpieza de la máquina y sus componentes

13.4.3.4.5 Posibles efectos de la corrosión

APENDICE 13A

A) Hoja para registros de la prueba

Pruebas de laboratorio. Máquina ancho completo.

Fecha de lal pruebas:

Localización de las pruebas:

Fertilizante:

Máquina:

Nombre:

Marca:

Densidad aparente: kgl

Ajuste del dosificador:

Contenido de humedad: %

Velocidad de avance: km/h

Distancia recorrida: m

Tiempo: min

		Salida o Franja Número												Total	Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Prueba 1	Peso colectado, kg % del promedio														
Prueba 2	Peso colectado, kg % del promedio														
Prueba 3	Peso colectado, kg % del promedio														

B) Hoja para registros de la prueba

Pruebas de laboratorio. Máquina al voleo.

Fecha de las pruebas:

Localización de las pruebas:

Fertilizante:

Máquina:

Nombre:

Marca:

Densidad aparente: kg/l

Ajuste del dosificador:

Contenido de humedad: %

Velocidad de avance: km/h

Distancia recorrida: m

Tiempo para la prueba: min

		Salida o Franja Número												Total	Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Prueba 1	Peso colectado, kg % del promedio														
Prueba 2	Peso colectado, kg % del promedio														
Prueba 3	Peso colectado, kg % del promedio														

C) Hoja para registros de la prueba. Pruebas de campo.

		Prueba Número							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha: Ubicación:									
Suelo	- Tipo - Condición - Labranza previa								
Fertilizante	- Tipo - Nombre - Densidad aparente, kg/l - Contenido de humedad, %								
Máquina	- Tipo - Marca - Posición del dosificador - Velocidad del ETF								
Resultados	- Area cubierta, ha - Vel. de avance, km/h - Ancho de la franja, m - Peso del fert. usado, kg - Deslizamiento de las ruedas, % - Hundimiento de las ruedas, mm - Fuerza de tracción, N								

Comentarios
- Vibración
- Deslizamiento de las ruedas
- Recarga
- Ajustes
- Limpieza

14 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DEL PULVERIZADORAS DE MOCHILA

CONTENIDOS

14 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE PULVERIZADORAS DE MOCHILA

14.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de varios tipos de pulverizadoras de mochila y cargadas en el hombro.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados para evaluar el rendimiento, capacidad de trabajo y uso en varias condiciones de campo.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuáles mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la máquina.

14.2 Definiciones

14.2.1 Pulverizadoras Manuales

14.2.1.1 **Pulverizadora de mochila** - pulverizadora que puede ser cargada en la espalda del operador.

14.2.1.2 **Pulverizadora de hombro** - pulverizadora que puede ser suspendida desde el hombro del operador.

14.2.1.3 **Pulverizadora continua** - máquina en la cual la bomba debe operarse continuamente para descargar líquido.

14.2.1.4 **Pulverizadora de compresión** - máquina en la cual el estanque está a presión y la descarga es realizada con la presión del aire generada anticipadamente por una bomba interior o desde el exterior.

14.2.1.5 **Pulverizadora de compresión sin retención de presión** - máquina en la cual la presión de trabajo no permanece constante y decrece gradualmente durante la descarga.

14.2.2 Sopladores motorizados

Una unidad de mochila con motor de 2 tiempos que propulsa un ventilador y el aire es conducido a través de un tubo soplador flexible. El pesticida, de un estanque montado sobre el motor, es inyectado a la corriente de aire mediante una boquilla ajustable.

14.2.3 Ejemplos de Pulverizadoras de Mochila

14.2.3.1 Pulverizadora Continua

1 Mango
2 Palanca
3 Tubo de entrega
4 Cámara de presión
5 Agitador
6 Estanque
7 Válvula
8 Embolo
9 Entrega de líquido
10 Filtro y entrada
11 Tapa

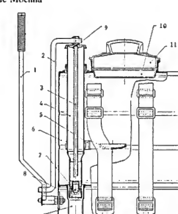


Figura 14.1 Pulverizadora Continua
Fuente: RNAM, 1963

14.2.3.2 Pulverizadora de compresión sin retención de presión

1 Mango
2 Tope
3 Entrada
4 Seguro del mango
5 Descanso de la espalda
6 Llave
7 Salida del líquido
8 Tapón de drenaje
9 Tanque
10 Bomba

Figura 14.2 Pulverizadora de Compresión
Fuente: RNAM, 1983

14.2.3.3 Soplador Motorizado

1 Chasis con correas
2 Estanque
3 Mecanismo alimentador *
4 Regulador *
5 Soplador mandado por motor *
6 Entrada de aire para el espolvoreador *
7 Estanque para el líquido **
8 Salida del líquido y tapón de salida del polvo **
9 Estanque sellado herméticamente **
10 Regulador **
* partes para el espolvoreador
** partes para la nebulizadora

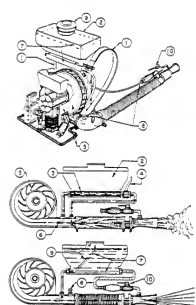


Figura 14.3 Espolvoreadora/Nebulizadora
Fuente: Berlijn, 1978

14.3 Procedimiento de Prueba

14.3.1 Máquina para la Prueba

Antes de cualquiera prueba, el fabricante debe proporcionar la pulverizadora completa en condición de trabajo junto con las especificaciones de materiales, construcción, rango de ajustes y rendimiento esperado bajo varias condiciones.

Las especificaciones completas serán presentadas en el informe.

14.3.2 Trabajo de Laboratorio

14.3.2.1 Especificaciones

Las especificaciones y detalles de ajuste dados por el fabricante serán verificados y confirmados.

Algunos de los ítemes a examinar son:

a) Método de aplicación y mantención de la presión sobre el líquido
b) Capacidad de los depósitos de líquido
c) Tamaño de la bomba o diafragma
d) Tamaño y capacidad del motor
e) Peso de la unidad

Los otros componentes son listados en las especificaciones.

14.3.2.2 Procedimientos de Prueba

14.3.2.2.1 Pulverizadora continua

14.3.2.2.1.1 Prueba de eficiencia volumétrica

Se realiza esta prueba para determinar la relación del volumen de fluido descargado y el volumen desplazado por el pistón de la bomba. Se llena el estanque con agua limpia. Se instala una boquilla o regulador de presión adecuado al aguilón permitiendo desarrollar la presión de trabajo recomendada. El manómetro debe ser instalado lo más cerca posible de la boquilla. Con la bomba operada manualmente a la velocidad recomendada por el fabricante y la presión estabilizada, se mide la descarga para 20 carreras sucesivas. Se hacen por lo menos 5 repeticiones para calcular un valor promedio del volumen de líquido descargado. Usando el desplazamiento calculado del pistón, se determina la eficiencia volumétrica como sigue:

$$\text{Eficiencia volumétrica, \%} = \frac{\text{Volumen descargado/carrera}}{\text{Desplazamiento del pistón}} \times 100$$

14.3.2.2.1.2 Prueba de la cámara de presión

Si la pulverizadora tiene una cámara de presión externa, ésta debe ser revisada por fugas o deformaciones. La cámara de presión debe ser presurizada a una presión hidráulica estática de al menos el doble la presión de trabajo máxima recomendada, y mantenida así por un período mínimo de 5 minutos. Durante este período, se examina la cámara por fugas o deformaciones.

14.3.2.2.2 Pulverizadoras de compresión

14.3.2.2.2.1 Prueba de entrega

Se llena el estanque con agua limpia. Se conecta la lanza con la boquilla estándar y el manómetro fijado en el estanque.

Se presuriza el estanque con 100 carreras o hasta la presión especificada por el fabricante. Después de proteger la boquilla para prevenir pérdidas de líquido por acarreo, se colecta la descarga durante 1 minuto con intervalos de 5 minutos, y se mide 5 veces para cada tipo de boquillas estándar.

14.3.2.2.2.2 Prueba del estanque de presión

Se presuriza el estanque a una presión hidráulica estática de al menos el doble de la presión de trabajo máxima recomendada, la cual debe mantenerse por un período mínimo de 5 minutos. Durante este período, se examina la cámara por fugas y deformaciones.

14.3.2.2.3 Boquillas

14.3.2.2.3.1 Prueba de descarga

La descarga de la boquilla será medida a la presión máxima y mínima recomendadas por el fabricante, por un período de 1 minuto.

Las lecturas deben hacerse solamente cuando la presión requerida se haya estabilizado y se registrará la media de 5 repeticiones para cada tipo de boquilla usada.

14.3.2.2.3.2 Distribución de la pulverización

Esta prueba se realiza usando un "Paternador" (Perfilómetro) (Sección 4.6.4).

Se posiciona la boquilla arriba del banco en su altura normal de trabajo para dirigir su pulverización hacia las ranuras del banco de distribución.

Si el fabricante indica una altura óptima de trabajo, la prueba se realizará a esta altura como también a 150 mm sobre y bajo esta altura.

Si el fabricante no indica una altura de trabajo, la prueba se realizará a alturas de 300, 400, y 500 mm. Las altura se medirán desde el borde superior del banco de distribución hasta el orificio de la boquilla.

Las pruebas se harán a las presiones máxima y mínima recomendadas por el fabricante y en el caso de una pulverizadora de compresión sin retención de presión, al principio, al medio y un poco antes del final de la descarga.

Las pruebas se harán por un período de 1 minuto o hasta que el líquido colectado en uno de los tubos alcance 90% de su capacidad. La cantidad colectada para cada ranura se registrará y se mostrará en el informe como tabla o gráfico (Fig 4.3.2). El gráfico mostrará el volumen colectado por cada ranura como % del volumen promedio. El coeficiente de variación será calculado para cada prueba.

$$\text{Coef. variación} = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Valor promedio}} \times 100$$

14.3.2.2.4 Sopladores motorizados

14.3.2.2.4.1 Prueba de entrega

Se deposita un volumen conocido de líquido en el estanque y con el motor a su aceleración máxima, se registra el tiempo que toma emitir el volumen total. Se repiten las pruebas con diferentes boquillas y ajuste de boquillas si es aplicable.

14.3.2.2.4.2 Alcance horizontal

Se fijan tarjetas de cartón en una serie de 10 hileras de 7 estacas, 1 m sobre el suelo. Las estacas están separadas 1.5 m entre hileras y 0.75 m sobre la hilera; la primera queda a 3 m de la boquilla, elevada a la misma altura de las tarjetas. La ubicación de las tarjetas debe protegerse del viento y las pruebas deben realizarse cuando la velocidad del viento es insignificante. Las tarjetas deben ser rociadas por 5 s con un líquido colorante adecuado.

El alcance horizontal puede determinarse con mayor facilidad rociando agua limpia sobre un piso de concreto seco en un área libre de viento y midiendo la distancia cubierta por la pulverizadora. Se deben realizar pruebas con varios ajustes de la boquilla.

14.3.2.2.4.3 Alcance vertical

Se fijan pelotas de tenis de mesa o tarjetas a intervalos de 300 mm en una cuerda, la cual puede ser elevada de tal manera que la tarjeta o pelota más alta esté a 12 m y la más baja a 4 m sobre el suelo (Sección 4.6.4). Se aplica un líquido coloreado con la boquilla angulada a 1.5 m sobre el suelo y 3 m de la cuerda de tal manera que el movimiento natural del aire no arrastre las gotas fuera de la línea de la cuerda. Se harán pruebas con varios ajustes de la boquilla.

14.3.2.2.4.4 Niveles de ruido

Con el soplador llevado en posición normal por el operador y el motor funcionando con aceleración máxima, se mide el nivel de ruido en decibeles (escala A) en la posición del oído del operador (Fig 4.3.5).

14.3.2.2.4.5 Consumo de combustible

Se opera la pulverizadora por varios minutos, luego se detiene y el estanque de combustible y el carburador son drenados. Se pone en el estanque un volumen medido de combustible.

Con el estanque de pesticida lleno y la alimentación hacia la boquilla en posición máxima, se opera el pulverizador y se registra el tiempo hasta que se pare el motor por falta de combustible.

14.3.3 Trabajo de campo

El rendimiento efectivo de las pulverizadoras de mochila y sopladores solo puede determinarse con ensayos prácticos en el campo.

14.3.3.1 Condiciones de la Prueba

14.3.3.1.1 Pulverizadoras y sopladores

Para cada tipo y tamaño de cultivo se utilizan el tipo, tamaño y presión del sistema recomendado por el fabricante para pulverizadoras y boquillas y velocidad del motor en sopladores motorizados.

14.3.3.1.2 Operadores

Los operadores deben tener experiencia en el uso de las pulverizadoras de mochila y sopladores y deben poder comentar varios aspectos de su comportamiento.

14.3.3.1.3 Condiciones de campo

Las siguientes condiciones deben ser claramente establecidas para cada parcela:

a) Tamaño de la parcela
b) Tipo de cultivo
c) Altura de cultivo
d) Distancia entre plantas e hileras
e) Condiciones ambientales

14.3.3.2 Procedimiento de Prueba

La pulverizadora o soplador será operado de acuerdo con las instrucciones del fabricante en varias parcelas y tipos de cultivos por un tiempo total de al menos 20 h usando al menos 2 operadores.

Se medirán u observarán los siguiente ítemes:

a) Tasa de trabajo
b) Tasa de aplicación de pesticida
c) Comodidad y fatiga del operador
d) Facilidad de llenado, desarmado y mantención
e) Facilidad de manejo del tubo soplador
f) Fugas desde estanques, cañerías o válvulas
g) Facilidad de control y mantenimiento del motor
h) Vibración de la unidad

14.4 Informe de la Prueba

14.4.1 Diagrama/Fotografía

Se debe proporcionar un dibujo o fotografía mostrando los detalles principales de la pulverizadora o soplador.

14.4.2 Especificaciones

14.4.2.1 Tipo de unidad y breve descripción incluyendo la fuente de potencia.

14.4.2.2 Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

14.4.2.3 Dimensiones (en transporte incluyendo la mancera y el tubo soplador)

Largo:	mm
Ancho:	mm
Alto:	mm

14.4.2.4 Peso total

Estanque (s) vacío:	kg
Estanque (s) lleno:	kg

14.4.2.5 Pulverizadora manual

Capacidad del estanque:	l
Diámetro del pistón o diafragma:	mm
Diámetro del cilindro:	mm
Largo de la carrera:	mm
Rango de presión de trabajo:	Pa(kgf/cm²)
Volumen de la cámara de presión:	cm³
Tipo de agitador:	
Tamaño del hoyo de llenado	mm día
Malla de coladera: Entrada al estanque:	
Entrada a la bomba:	
Tipo de boquilla estándar:	
Tipo de boquillas opcionales:	
Diámetro del orificio de la boquilla:	mm
Largo de la manguera:	m
Longitud de la lanza:	m

14.4.2.6 Soplador motorizado

Tipo y tamaño del motor:
Velocidad recomendada del motor: rev/min
Capacidad del estanque de combustible: l
Diámetro del hoyo de alimentador del estanque: mm
Coladera del estanque de combustible:
Capacidad del estanque de pesticida: l
Diámetro del orificio del estanque: mm
Coladera del estanque de pesticida:
Largo y diámetro del tubo de aire: m x mm
Tipo y tamaño de la boquilla:

14.4.3 Resultados de la Prueba

14.4.3.1 Pruebas de Laboratorio

14.4.3.1.1 Pulverizadora continua

14.4.3.1.1.1 Prueba de eficiencia volumétrica

		Prueba Número				
		1	2	3	4	5
1.	Método de operación de la palanca					
2.	Presión de trabajo, Pa (kg/cm²)					
3.	Número de carreras					
4.	Descarga, l					
5.	Litros por carrera					
6.	Desplazamiento del pistón l					
7.	Eficiencia volumétrica, %					

14.4.3.1.1.2 Prueba de la cámara de presión

1.	Presión máxima de trabajo, Pa (kgf/cm^2)					
2.	Presión aplicada a la cámara de presión, Pa (kgf/cm^2)					
3.	Tiempo de la prueba, min					
4.	Observaciones de fugas o deformaciones					

14.4.3.1.2 Pulverizadoras de compresión

14.4.3.1.2.1 Prueba de descarga

1.	Número de carreras de la palanca					
2.	Presión aplicada, Pa (kg/cm^2)					
3.	Tipo de boquilla					
4.	Descarga por min, l					
5.	Presión correspondiente, Pa (kg/cm^2)					

14.4.3.1.2.2 Prueba del estanque de presión

			Prueba Número				
			1	2	3	4	5
1.	Presión máxima de trabajo,	Pa (kg/cm^2)					
2.	Presión aplicada al tanque,	Pa (kg/cm^2)					
3.	Tiempo de la prueba,	min					
4.	Observaciones de fugas o deformaciones						

14.4.3.1.3 Prueba de la boquilla

14.4.3.1.3.1 Prueba de descarga

1.	Tipo de boquilla						
2.	Presión de trabajo,	Pa (kg/cm^2)					
3.	Tiempo de prueba,	min					
4.	Descarga,	l					
5.	Tasa de descarga,	l/min					

14.4.3.1.3.2 Distribución de la pulverización

1) Tipo de boquilla
2) Presión de trabajo, kg/cm^2
3) Altura sobre el banco de distribución, mm
4) Tabla de resultados

Posición de las ranuras con respecto al eje de las boquillas			
A la izquierda		A la derecha	
Distancia mm	Volumen, % del volumen medio	Distancia, mm	Volumen, % del volumen medio
0-50		0-50	
50-100		50-100	
100-150		100-150	
500-550		500-550	
500-600		550-600	

(Ver Fig 4.32 para la gráfica de la distribución de la pulverización)

5. Coeficiente de variación

14.4.3.1.4 Sopladores motorizados

14.4.3.1.4.1 Prueba de descarga

1.	Tipo de boquilla						
2.	Ajuste de la boquilla						
3.	Velocidad del motor,	rev/min					
4.	Tasa de descarga,	l/min					

14.4.3.1.4.2 Alcance horizontal

		Prueba Número				
		1	2	3	4	5
1.	Tipo de boquilla					
2.	Ajuste de la boquilla					
3.	Velocidad del motor, rev/min					
4.	Altura de la boquilla, sobre el suelo, m					
5.	Alcance de la aspersión de la boquilla, mínimo, m					
	máximo, m					

14.4.3.1.4.3 Alcance vertical

1.	Tipo de boquilla					
2.	Ajuste de la boquilla					
3.	Velocidad del motor, rev/min					
4.	Altura de la boquilla sobre el suelo, m					
5.	Angulo de la boquilla con la vertical, o					
6.	Alcance de la aspersión sobre el suelo, mínimo, m					
	máximo, m					

14.4.3.1.4.4 Niveles de ruido

1. Velocidad del motor, rev/min
2. Nivel de ruido, - oído derecho dBA
   - oído izquierdo dBA

14.4.3.1.4.5 Consumo de combustible

1.	Tipo de boquilla					
2.	Ajuste de la boquilla					
3.	Velocidad del motor, rev/min					
4	Consumo de combustible, l/h					

14.4.3.2 Pruebas de campo

14.4.3.2.1 Condiciones de campo

		Prueba Número				
		1	2	3	4	5
1.	Localización					
2.	Largo y ancho de la parcela, m					
3.	Tipo de cultivo					
4.	Altura del cultivo, m					
5.	Distancia entre plantas, m					
6.	Distancia entre surcos, m					

14.4.3.2.2 Pulverizador o soplador

1.	Tipo de boquilla					
2.	Ajuste de la boquilla					
3.	Presión de trabajo, kg/cm^2					
4.	Velocidad del motor, rev/min					

14.4.3.2.3 Condiciones ambientales

1.	Temperature, °C					
2.	Velocidad del viento, km/h					
3.	Descripción del tiempo					

14.4.3.2.4 Resultados de las pruebas

1.	Tasa de trabajo, l/h					
2.	Tasa de aplicación, l/ha					

14.4.3.2.5 Observaciones durante las pruebas

14.4.3.2.5.1 Comodidad y fatiga del operador

14.4.3.2.5.2 Facilidad de llenado, desarmado y mantenimiento

14.4.3.2.5.3 Facilidad de operación de la lanza y soplador

14.4.3.2.5.4 Fugas desde estanques, cañerías o válvulas

14.4.3.2.5.5 Facilidad de control y mantenimiento del motor

14.4.3.2.5.6 Seguridad para el operador

14.4.3.2.5.7 Otros comentarios

15 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE PULVERIZADORAS DE CAMPO

CONTENIDOS

15 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE PULVERIZADORAS DE CAMPO

15.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de varios tipos de pulverizadoras accionadas por potencia motriz.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados para evaluar el rendimiento, capacidad de trabajo y uso en varias condiciones de campo.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la máquina.

15.2 Definiciones

15.2.1 Pulverizadoras de Campo

Estas máquinas son usadas para aplicar productos químicos, diluidos en agua para controlar malezas y plagas en los cultivos.

Las pulverizadoras pueden ser montadas en el tractor o ser arrastradas y consisten de un estanque y una bomba que suministra líquido a través de una válvula de control a una barra que tiene un cierto número de boquillas.

La entrega depende de la velocidad de avance, presión, número, tamaño y tipo de boquillas.

1) Estanque
2) Chasis con zapata
3) Enganche de 3 puntos
4) Bomba
5) Línea de succión
6) ETF del tractor
7) Llave de paso principal
8) Regulador de presión
9) Acumulador con manómetro
10) Llave para llenado del estanque
11) Línea de succión para el llenado
12) Llaves para secciones de la barra
13) Barra pulverizadora
14) Ajuste de la altura de la barra

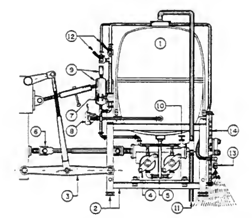


Figura 15.1 Construcción general de un pulverizador de campo
Fuente: Berlijn, 1978

15.3 Procedimiento de Prueba

15.3.1 Máquina para la prueba

Antes de cualquier prueba, el fabricante debe proporcionar una máquina completa en condición de trabajo junto con las especificaciones de materiales, construcción, rango de ajustes y rendimiento esperado en varios cultivos.

Las especificaciones completas serán presentadas en el informe.

15.3.2 ,Trabaju de Laboratoriu

15.3.2.1 Especificaciones

Las especificaciones y ajustes dadas por el fabricante deben ser revisadas y confirmadas. Algunos de los ítemes a ser examinados son:

a) Fuente de potencia para la bomba y transporte
b) Capacidad de los estanques
c) Tamaño de la barra y Nº y posición de las boquillas
d) Tamaño y peso de la máquina

Otros ítemes son listados en el formulario de especificaciones.

15.3.2.2 Procedimiento de Prueba

15.3.2.2.1 Pruebas de la bomba

La descarga de la bomba será medida a la velocidad recomendada por el fabricante a la máxima y mínima presión de servicio. Se harán mediciones con la bomba muntada en su posición normal en la pulverizadora y a una altura de entrada correspondiente a la mitad del estanque.

Los resultados serán expresados en l/min a la forma de tabla o gráfico.

15.3.2.2.2 Pruebas de las boquillas

Las pruebas de descarga y distribución son idénticas a aquellas descritas para las pulverizadoras de mochila (Sección 14.3.2.2.3).

15.3.2.2.3 Comportamiento de la barra completa

15.3.2.2.3.1 Descarga

Se harán pruebas con grupos de cada tipo de boquilla especificada para la máquina y a la máxima presión recomendada por el fabricante.

Cuando la presión se ha estabilizado, se colecta el líquido descargado por cada boquilla por un período elegido y lus resultados son presentadus en una tabla o gráfico, como % de vulumen medio.

El período de tiempo equivalente para que la máquina cubra 1 ha se calcula como sigue:

$$\text{Tiempo (min)} = \frac{600}{\text{Ancho de aplicación (m) x velocidad de avance (km/h)}}$$

El ancho de aplicación de una barra pulverizadora se obtiene multiplicando el Nº de boquillas por la distancia entre ellas.

Los resultados pueden presentarse como l/min y l/ha.

15.3.2.2.3.2 Distribución de la pulverización

Esta prueba se hará usando el banco de distribución que se usó para las pruebas de las boquillas.

Las pruebas cubrirán todo el ancho de la barra pero pueden hacerse por secciones. Si se usa este método, toda la barra descargará durante la prueba de una sección y el tiempo de descarga será igual para todas las secciones.

La barra pulverizadora estará en su posición normal de trabajo y si el fabricante recomienda una altura de trabajo óptima ésta será usada, además de 150 mm sobre y debajo de esta altura.

Si el fabricante no indica una altura de trabajo, las pruebas deben ser hechas a alturas de 400, 500, 600 y 700 mm y opcionalmente a 300 y 800 mm. Las alturas serán medidas desde el borde superior de las ranuras del banco al orificio de las boquillas.

Las pruebas se harán a las presiones máxima y mínima recomendadas por el fabricante. Se colectará el líquido de cada ranura de 100 mm durante un período determinado de acuerdo con la descarga de la boquilla que tenga mayor volumen durante la prueba de descarga. Se registrará la cantidad de líquido colectado de cada ranura y se mostrará en el informe como tabla o gráfico. El gráfico mostrará el volumen colectado para cada ranura como % de volumen medio. El coeficiente de variación será calculado para cada prueba.

15.3.3 Pruebas de Campo

El rendimiento efectivo de las pulverizadoras de campo solo puede determinarse con pruebas de campo en varios tipos de cultivos. Estos ensayos permitirán observar aspectos de control, ajustes y mantenimiento.

15.3.3.1 Condiciones de la prueba

15.3.3.1.1 Pulverizadoras

Para cada tipo y tamaño de cultivo, se usarán el tipo y tamaño de boquilla, presión del sistema, altura de barra y velocidad de avance recomendada por el fabricante.

15.3.3.1.1 Condiciones de campo

Las siguientes condiciones serán claramente establecidas para cada tipo de parcela:

a) Tamaño de la parcela
b) Tipo y altura del cultivo
c) Condiciones ambientales

15.3.3.2 Procedimiento de prueba

La pulverizadora será operada de acuerdo con las instrucciones del fabricante, al menos en 5 parcelas y condiciones de cultivo diferentes por un tiempo que permita hacer la siguientes mediciones y observaciones.

a) Tasa de trabajo
b) Tasa de aplicación
c) Velocidad de avance y de la bomba
d) Altura de la barra
e) Facilidad de llenado, ajuste y mantención
f) Facilidad de control
g) Reparaciones y ajustes o fugas

15.4 Informe de la Prueba

15.4.1 Diagrama/Fotografía

Deberá proveerse un diagrama o fotografía que muestre los principales detalles de la pulverizadora.

15.4.2 Especificaciones

15.4.2.1 Tipo de máquina y breve descripción

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

15.4.2.2	Dimensiones (en transporte y trabajo)	
	Largo:	m
	Ancho:	m
	Alto:	m
15.4.2.3	Peso total	
	Estanque (s) vacío:	kg
	Estanque (s) lleno:	kg
15.4.2.4	Barra pulverizadora	
	Ancho nominal de trabajo:	m
	Nº de boquillas:	
	Tipo de boquillas estándar:	
	Tipo de boquillas alternativas:	
	Distancia entre boquillas:	cm
	Tipo de suspensión:	
	Método de retracción:	
15.4.2.5	Transporte	
	Fuente de potencia (para cargar, arrastrar, montar):	
	Velocidad recomendada:	m/s
	Potencia recomendada:	kW
	Tipo de rueda motriz:	
	Tamaño:	
	Material:	
15.4.2.6	Bomba de Presión	
	Fuente de potencia para accionar la bomba:	
	Potencia requerida recomendada para la bomba:	kW
	Velocidad del ETF (si se requiere):	rev/min
	Rango de presión de trabajo:	Pa(kgf/cm²)
15.4.2.7	Estanque de pulverización	
	Capacidad:	l
	Método de llenado:	
	Método de agitación:	
	Nº y tamaño de los filtros:	
15.4.2.8	Marcador	
	Tipo:	
	Método para marcar:	
15.4.2.9	Enganche	
	Tipo y construcción:	
	Categoría del enganche de 3 puntos:	
15.4.2.10	Dispositivos de seguridad	
	En la transmisión de potencia:	
	En otros componentes:	
15.4.2.11	Capacidad de trabajo según el fabricante	l/h y ha/h
15.4.2.12	Otros detalles	

15.4.3 Resultados de las Pruebas

15.4.3.1 Pruebas de Laboratorio

15.4.3.1.1 Pruebas a la Bomba

		Prueba Número					
		1	2	3	4	5	6
1)	Velocidad de la bomba, rev/min						
2)	Presión de servicio, kg/cm²						
3)	Descarga, l/min						

15.4.3.1.2 Pruebas a las boquillas

15.4.3.1.2.1 Prueba de descarga

		Prueba Número					
		1	2	3	4	5	6
1)	Tipo de boquilla						
2)	Presión de trabajo, Pa (kg/cm²)						
3)	Tiempo de prueba, min						
4)	Descarga, l						
5)	Tasa de descarga, l/min						

15.4.3.1.2.2 Distribución de la pulverización

1. Tipo de boquilla
2. Presión de trabajo, Pa(kgf/cm²)
3. Altura desde el banco de distribución, mm
4. Tabla de resultados

Posición de las ranuras con respecto al eje de la boquilla			
A la izquierda		A la derecha	
Distancia mm	Volumen, % del volumen medio	Distancia, mm	Volumen, % del volumen medio
0-50		0-50	
50-100		50-100	
100-150		100-150	
500-550		500-550	
550-600		550-600	

(Ver Fig 4.32 para el gráfico de distribución de la pulverización)

5. Coeficiente de variación

15.4.3.1.3 Pruebas a la barra

15.4.3.1.3.1 Prueba de descarga

		Prueba Número					
		1	2	3	4	5	6
1)	Tipo de boquillas						
2)	Número de boquillas						
3)	Distancia entre boquillas, cm						
4)	Presión de trabajo, Pa (kg/cm²)						
5)	Tiempo de la prueba, min						
6)	Descarga total, l						
7)	Tasa de descarga, l/min						
8)	Tasa de descarga, l/ha						

15.4.3.1.3.2 Distribución de la pulverización

1. Tipo de boquillas
2. Nº de boquillas
3. Distancia entre boquillas m
4. Presión de trabajo Pa(kgf/cm²)
5. Altura de la barra mm
6. Tabla de resultados

Posición de las ranuras con respecto al eje central de la barra			
A la izquierda		A la derecha	
Distancia, mm	Volumen, % del volumen medio	Distancia, mm	Volumen, % del volumen medio
0-100		0-100	
100-200		100-200	
200-300		200-300	
800-900		800-900	
900-1000		900-1000	

7. Coeficiente de variación

15.4.3.2 Prueba de Campo

15.4.3.2.1 Condiciones de campo

		Prueba Número					
		1	2	3	4	5	6
1)	Localización						
2)	Largo y ancho de la parcela, m						
3)	Tipo de cultivo						
4)	Altura del cultivo, m						
5)	Distancia entre hileras, m						

15.4.3.2.2 Pulverizadora

1)	Tipo de boquillas						
2)	Número de boquillas						
3)	Distancia entre boquillas, cm						
4)	Presión de trabajo, Pa (kg/cm²)						
5)	Altura del aguilón, m						
6)	Velocidad de la bomba, rev/min						
7)	Velocidad de avance, km/h						

15.4.3.2.3 Condiciones ambientales

1)	Temperatura, °C						
2)	Velocidad del viento, km/h						
3)	Descripción del tiempo						

15.4.3.2.4 Resultados de las pruebas

1)	Tasa de trabajo, ha/h						
2)	Tasa de aplicación, l/ha						

15.4.3.2.5 Observaciones durante las pruebas

15.4.3.2.5.1 Facilidad de llenado, desarmado y mantención

15.4.3.2.5.2 Facilidad de control de la unidad de potencia y de la pulverizadora

15.4.3.2.5.3 Fugas de los estanques, cañerías o válvulas

15.4.3.2.5.4 Seguridad del operador

15.4.3.2.5.5 Reparaciones y ajustes

15.4.3.2.5.6 Otros comentarios

16 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE BOMBAS MANUALES

CONTENIDOS

16 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE BOMBAS MANUALES

16.1 Alcance

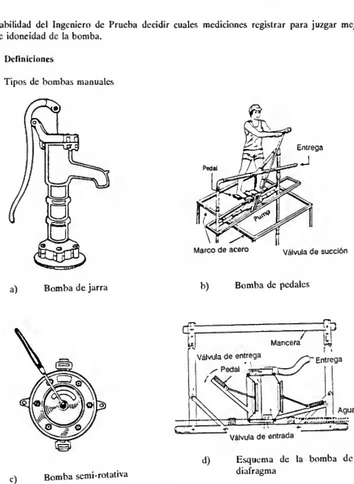
Este procedimiento es aplicable a la evaluación de bombas para agua accionadas manualmente.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados para evaluar el rendimiento y adecuación para operación bajo varias condiciones.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la bomba.

16.2 Definiciones

16.2.1 Tipos de bombas manuales



a) Bomba de jarra

b) Bomba de pedales

c) Bomba semi-rotativa

d) Esquema de la bomba de diafragma

Figura 16.1 Tipos de bombas manuales
Fuente: RNAM, 1983

16.2.2 Terminología

16.2.2.1 Plano de referencia

En una bomba rotativa con eje horizontal, el plano de referencia es el plano horizontal que contiene la línea del centro del eje.

En una bomba horizontal reciprocante, el plano de referencia es el plano horizontal que contiene la línea central del pistón o émbolo. El plano de referencia de una bomba vertical/oblicua es el plano horizontal que contiene el centro del pistón o émbolo en su posición más alta.

16.2.2.2 Succión Estática y Carga de Entrega

Ellas son expresadas como la distancia vertical hacia abajo desde el plano de referencia hasta el nivel de la fuente de agua, y la distancia vertical hacia arriba desde el plano de referencia hasta el nivel de descarga, respectivamente.

16.2.2.3 Carga Real o Carga Estática Total

Es la distancia vertical entre el nivel de la fuente de agua y la salida de descarga. Es la suma de la succión estática y carga de entrega.

16.3 Procedimiento de Prueba

16.3.1 Unidad a ser probada

Previo a cualquier prueba, el fabricante proveerá la bomba completa, ensamblada y en condiciones de trabajo, junto con las especificaciones dando detalles de la construcción, rendimiento esperado y rango de aplicaciones.

16.3.2 Trabajo de Laboratorio

16.3.2.1 Especificaciones

Su objetivo principal es estudiar y confirmar las especificaciones y componentes esenciales comparándolos con aquellos entregados por el fabricante. Se incluirán los siguientes:

a) Dimensiones
b) Pesos
c) Mecanismo de operación
d) Rango de operadores
e) Rendimiento esperado

16.3.3 Prueba de Rendimiento

16.3.3.1 Fuente de Agua

La fuente de agua (pozo, acequia, río, estanque) debe ser compatible con el tipo de bomba bajo prueba. Si no existe una fuente natural de agua se puede proveer un estanque de agua con capacidad adecuada para operación continua de la bomba.

16.3.3.2 Operadores

Para las pruebas de rendimiento, los operadores deben tener experiencia en el uso de bombas manuales y estar en buenas condiciones de salud y de operar consistentemente por períodos razonables. Antes de efectuar pruebas los operadores deben familiarizarse con el tipo de bomba, su operación y los requerimientos del método de prueba. Puede usarse un rango de operadores para determinar la adecuación de la bomba al uso general y hacer consideraciones ergonómicas.

16.3.3.3 Equipo y Condiciones de Prueba

La bomba se montará con su plano de referencia y altura correcta en relación a la fuente de agua y requerimiento de carga estática. Se establece la tasa de descarga midiendo el tiempo requerido para llenar un estanque de tamaño conocido (digamos 50 l). Si no es posible cambiar la carga de succión reposicionando la bomba, se puede instalar una válvula en la línea de succión para variar la presión. El arreglo general del sistema se muestra en la Figura 16.2.

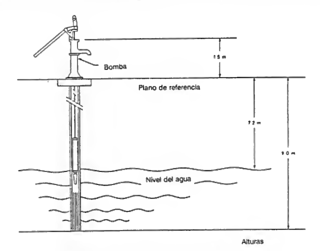


Figura 16.2 Arreglo para probar bombas manuales
Fuente: IT Power, sin fecha

16.3.3.4 Método de Prueba

La tasa de descarga se medirá sobre un rango de velocidades de operación recomendadas por el fabricante y varias cargas de succión. Se debe confirmar la exactitud de cada ensayn con al menos 3 repeticiones para cada ajuste. De los resultados se podrán graficar las siguientes curvas de rendimiento:

Carga de succión como función de la descarga
Carga total como función de la descarga
Velocidad de bombeo como función de la descarga

16.3.3.5 Mediciones de la Prueba y Cálculos

Para cada ajuste, se harán las siguientes mediciones y cálculos. En el apéndice se presentan ejemplos de hojas de datos.

		Unidad	Símbolo	Cálculo
a)	Carga de succión medida	m	H_s	
b)	Carga de descarga medida	m	H_d	
c)	Presión manométrica de succión	kgf/m^2	P_s	
d)	Densidad del líquido bombeado	kfg/m^3	ρ	
e)	Carga correspondiente a la presión manométrica de succión	m		Ps/ρ
f)	Distancia vertical entre el plano de referencia y el punto donde se midió la presión de succión	m	h_s	
g)	Tasa de descarga	m^3/s	Q	
h)	Velocidad de bombeo	rev/min carreras/min		

La carga total en m se obtiene por cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$H = H_s + H_d$$

o

$$H = H_d + \frac{P_s}{\rho} + h_s$$

16.3.4 Pruebas Prácticas

Además de la prueba de rendimiento, se hacen pruebas prácticas en varios lugares y condiciones. La duración de cada prueba no deberá ser menor a 1 h. Los objetivos de esta prueba son investigar la adaptabilidad a condiciones prácticas, la intensidad de trabajo impuesta a los operadores, la posibilidad de largos períodos de funcionamiento y la facilidad de operación. Los parámetros a medir y examinar durante estas pruebas serán los mismos que en las pruebas de rendimiento.

16.4 Informe

16.4.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de la bomba y sus cañerías.

16.4.2 Especificaciones

16.4.2.1 Breve descripción de la bomba y de su método de operación

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

16.4.2.2 Dimensiones generales

Altura de descarga: m
Largo de la cañería de succión: m
Largo y altura de la palanca: m

16.4.2.3 Peso: kg

16.4.2.4 Tamaño del pistón(es) o rotor: mm

16.4.2.5 Angulo recomendado de instalación si no es horizontal o vertical: °

16.4.2.6 Máxima carga de succión recomendada: m

16.4.2.7 Capacidad nominal de descarga: m^3/h

16.4.3 Resultados de las Pruebas de Rendimiento

16.4.3.1 Resumen de los Resultados y Condiciones de las Pruebas de Rendimiento

Prueba Número					
Fecha					
Lugar					
Fuente de agua					
Temperatura ambiental	°C				
Carreras o rev/min de la bomba					
Carga estática de succión,	m				
Carga estática de descarga,	m				
Carga estática total,	m				
Tasa de descarga,	m^3/h				

116.4.3.2 Curvas de rendimiento (Fig 4.39)

Carga de succión/descarga
Carga total/descarga
Velocidad de bombeo/descarga

16.4.3.3 Reparaciones, ajustes y comentarios hechos durante las pruebas de rendimiento.

16.4.4 Resultados de las Pruebas Prácticas

Las mediciones y cálculos hechos durante las pruebas de rendimiento también serán aplicadas a las pruebas prácticas. Se harán comentarios sobre la adaptabilidad de la bomba bajo varias condiciones, la facilidad de operación y sugerencias para modificaciones futuras, si fueran requeridas.

APENDICE 16A

Hoja para datos de la prueba
Marca y tipo de bomba

Marca y tipo de bomba:								
Fecha:								
Número de prueba:								
Velocidad de bombeo:	carreras/min, rev/min							
Carga de succión medida,	m (Hs)							
Carga de descarga medida,	m (Hd)							
Presión manométrica de succión,	kgf/m^2 (Ps)							
Distancia del manómetro de succión al plano de referencia,	m (hs)							
Tasa de descarga,	m^3/sec (Q)							
Densidad del líquido bombeado,	$kg/m^3(\rho)$							

17 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE BOMBAS MOTORIZADAS

CONTENIDOS

17 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE BOMBAS MOTORIZADAS

17.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de bombas para agua accionadas por fuentes de potencia no manuales.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados para evaluar el rendimiento y adecuación para operación bajo varias condiciones.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el rendimiento e idoneidad de la bomba.

17.2 Definiciones

17.2.1 Tipos de Bombas Motorizadas

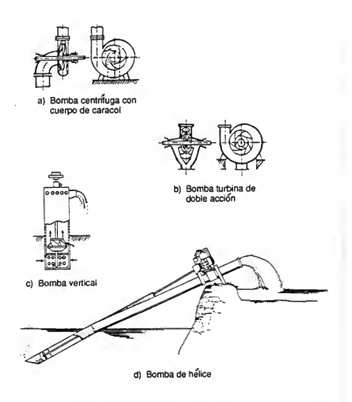


Figura 17.1 Bombas motorizadas
Fuente: RNAM, 1983

17.2.2 Terminología

17.2.2.1 Plano de Referencia

Para una bomba con eje horizontal, el plano de referencia es el plano horizontal que contiene la línea central del eje. El plano de referencia de una bomba con eje vertical es el plano horizontal que contiene el centro del borde de entrada del álabe si se trata de bomba centrífuga o flujo mixto y el centro del álabe en una bomba de hélice.

17.2.2.2 Succión Estática y Carga de Entrega

Son expresadas como la distancia vertical hacia abajo desde el plano de referencia hasta el nivel de la fuente de agua y la distancia vertical hacia arriba desde el plano de referencia hasta el nivel de descarga, respectivamente.

17.2.2.3 Carga Real o Carga Estática Total

Es la distancia entre el nivel de la fuente de agua y la descarga. Es la suma de las cargas estáticas de succión y de entrega.

17.2.2.4 Carga Dinámica Total

Es la medida del incremento de energía impartida al agua por la bomba y la diferencia algebraica entre la carga total de entrega y la carga total de succión. Durante la prueba la carga total de succión es la lectura de la presión manométrica a la entrada convertida a columna de agua referida al plano de referencia más la carga por velocidad. La carga total de entrega es la lectura del manómetro de descarga convertida a columna de agua y referida al plano de referencia más la carga por velocidad.

17.2.2.5 Potencia de Entrada a la Bomba

La potencia requerida por la bomba se medirá en el eje de entrada con un torquímetro y tacómetro. Si esto no es posible, en el caso de un motor eléctrico se usará un wattimetro. Si la bomba es impulsada por un motor o tractor, puede estimarse la potencia por uno de los métodos descritos en la Sección 4.3.

17.2.2.6 Potencia de Salida de la Bomba

Es la potencia transferida al liquido a su paso a través de la bomba y es calculada a partir de la carga total y de entrega.

17.2.2.7 Eficiencia Total

Es la relación entre las potencias de salida y de entrada.

17.3 Procedimiento de Prueba

17.3.1 Unidad a Ser Probada

Previo a cualquier trabajo, el fabricante proveerá una bomba completa acoplada a una fuente de potencia apropiada, en condiciones de trabajo junto con las especificaciones dando detalles de la construcción, rendimiento esperado y rango de aplicaciones. Las especificaciones completas se presentarán en el informe.

17.3.2 Trabajo Preliminar

17.3.2.1 Especificaciones

El objetivo principal es estudiar y confirmar las especificaciones y componentes esenciales y cmpararlos con aquellos entregados por el fabricante.

Se incluirán los siguientes aspectos:

a) Dimensiones
b) Peso
c) Tamaño de las cañerías de succión y descarga
d) Tipo y tamaño del rotor
e) Conexión a la fuente de potencia.

17.3.2.2 Potencia de Motores o Tractores

Si la bomba es accionada por un motor o tractor y no es posible instalar un torquímetro en la línea de transmisión, deberán hacerse pruebas preliminares de potencia. Estas pruebas fueron descritas en la Sección 4.3 y usan la depresión en el múltiple de admisión, temperatura de los gases de escape o consumo de combustible en relación a la velocidad del motor como medios para estimar la potencia.

17.3.3 Pruebas de Rendimiento

17.3.3.1 Fuente de Agua

Las pruebas deben hacerse donde exista disponible agua limpia en cantidad suficiente, lo cual puede ser un estanque si no hay fuentes naturales disponibles. Deben haber medios para variar la carga de succión.

17.3.3.2 Equipo y Condiciones de la Prueba

La bomba debe instalarse con el plano de referencia horizontal y acoplada a la fuente de potencia. Deben conectarse a la bomba las cañerías de succión y descarga como se muestra en la Figura 17.2.

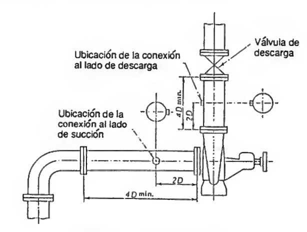


Figura 17.2 Acople de los manómetros
Fuente: AMTEC, sin fecha

Se conectan cañerías y filtros apropiados en el lado de succión y se conectan las válvulas y cañerías en el lado de descarga de tal manera de poder hacer mediciones de flujo. Hay varios métodos de medir la tasa de descarga:

a) **Medidor de flujo** - Este puede conectarse a la línea de descarga en una posición tal que los disturbios de flujo causados por la bomba y accesorios no tengan efecto sobre el medidor. El tamaño y capacidad del medidor deben ser compatibles con la tasa de descarga de la bomba.

b) **Estanque y vertedero** - El tubo de descarga puede ser dirigido a un estanque que tenga un vertedero tipo V que descargue hacia la fuente de agua.

c) **Estanque de medición** - El tubo de descarga será dirigido a un estanque grande de volumen conocido. Se mide el tiempo necesario para llenar el estanque.

Si la carga estática de la succión y entrega no pueden cambiarse por reposición de la bomba, se pueden instalar válvulas en las cañerías de succión y descarga para variar la presión. La disposición general del sistema se muestra en la Fig 17.3.

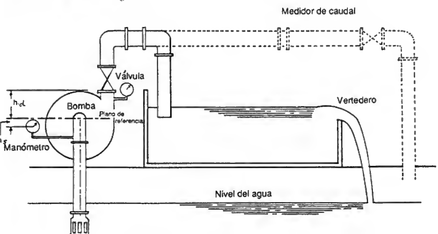


Figura 17.3 Dispositivo para probar bombas
Fuente: RNAM, 1983

17.3.3.3 Método de Prueba

17.3.3.3.1 Tasa de Descarga

La tasa de descarga será medida a velocidades de la bomba recomendadas por el fabricante a varias cargas de succión y entrega que permitan graficar las siguientes curvas de rendimiento. Se harán mediciones duplicadas en cada posición para asegurar la exactitud, pudiendo ser necesarias otras repeticiones.

17.3.3.3.2 Curvas de Rendimiento

Carga total como función de la descarga
Velocidad como función de la descarga
Potencia de entrada como función de la descarga
Eficiencia como función de la descarga

17.3.3.3.3 Mediciones y Cálculos de la Prueba

Para cada ajuste se harán las siguientes mediciones y cálculos. Ejemplos de hojas de registro se muestran en el Apéndice.

		Unidad	Símbolo	Cálculo
a)	Presión manométrica de descarga	kgf/m^2	Pd	
b)	Presión manométrica de succión	kgf/m^2	Ps	
c)	Densidad del liquido bombeado	kgf/m^3	ρ	
d)	Carga correspondiente a la presión manométrica de descarga	m		Pd/ρ
e)	Carga correspondiente a la presión manométrica de succión	m		Ps/ρ
f)	Distancia vertical entre el plano de referencia y el punto donde se mide la succión	m	hs	
g)	Distancia vertical entre el plano de referencia y el punto donde se mide la presión de descarga	m	hd	
h)	Tasa de descarga	m^3/s	Q	
i)	Area transversal del tubo de succión	m^2	As	
j)	Area transversal del tubo de descarga	m^2	Ad	
k)	Velocidad del líquido en la succión	m/s	Vs	Q/As
l)	Velocidad del líquido en la descarga	m/s	Vd	Q/Ad
m)	Aceleración de gravedad	m/s^2	g	
n)	Potencia de entrada	kW		
o)	Velocidad de la bomba	rev/min		

La carga total en m se obtiene de la siguiente ecuación. Si la cañería de succión y entrega tienen el mismo diámetro y los manómetros de descarga y succión están al mismo nivel, desaparecen los dos últimos términos de la ecuación.

Carga Total

$$H = \frac{Pd - Ps}{\rho} + \frac{Vd^2 - Vs^2}{2g} + hs + hd$$

Potencia de entrega

$$kW = \frac{H x Q x \rho}{102}$$

Eficiencia de la bomba

$$\% = \frac{\text{Potencia de entrega}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100$$

17.3.4 Pruebas de Durabilidad

Aunque las bombas están diseñadas para trabajar satisfactoriamente por largos períodos, pueden venir fallas en la bomba o en el montaje de la bomba y su transmisión. Con el objeto de investigar cualquier problema, la bomba será operada intermitentemente a velocidad y potencia máximas por un período de 100 h. Agua de un lago o arroyo que contenga materia en suspensión puede usarse para este propósito, citándose en el informe el % de sólidos.

Las mediciones listadas en la prueba de rendimiento serán hechas a intervalos a lo largo del período de operación para asegurarse que las condiciones máximas son mantenidas. Durante estas pruebas se anotarán todas las reparaciones o ajustes realizados como también comentarios sobre la facilidad de operación y mantención del rendimiento.

17.4 Informe

17.4.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de la bomba y de la unidad de potencia.

17.4.2 Especificaciones

17.4.2.1 Breve descripción de la bomba y método de operación

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y Dirección del fabricante:

17.4.2.2 Dimensiones Generales

	Largo:	mm
	Ancho:	mm
	Alto:	mm
17.4.2.3	Peso:	kg
17.4.2.4	Tamaño del pistón(es) o rotor:	mm
17.4.2.5	Velocidad y potencia recomendada de la fuente de potencia integrada o separada:	kW rev/min
17.4.2.6	Carga estática máxima recomendada:	m
17.4.2.7	Angulo de instalación recomendado si no está horizontal o vertical:	°
17.4.2.8	Capacidad nominal a eficiencia máxima:	m^3/h

17.4.3 Resultados de las Pruebas de Rendimiento

17.4.3.1 Resumen de Resultados y Condiciones de las Pruebas de Rendimiento

Prueba Número					
Fecha					
Localización					
Fuente de agua					
Temperatura ambiental	°C				
Revoluciones o carreras por minuto					
Carga estática de succión,	m				
Carga estática de entrega,	m				
Carga estática total,	m				
Carga dinámica total,	m				
Tasa de descarga,	m^3/h				
Potencia del agua descargada,	kW				
Potencia del motor,	kW				
Eficienca de la bomba,	%				

17.4.3.2 Curvas de Rendimiento

Carga total/descarga
Velocidad/descarga
Carga de succión/descarga
Potencia de entrada/descarga
Eficiencia/descarga

17.4.3.3 Reparaciones, ajustes y comentarios hechos durante las pruebas de rendimiento

17.4.4 Resultados de los Ensayos de Durabilidad

Todas las mediciones y cálculos dados en 17.3.3.3.3 y 17.4.3.1 aplicarán a los ensayos de durabilidad. Se harán comentarios sobre reparaciones, ajustes y tiempos de operación, facilidad de operación y mantenimiento del rendimiento.

APENDICE 17A

Hoja para datos de la prueba
Marca y tipo de bomba

Fecha								
Número de la prueba								
Velocidad de la bomba	carreras/min, rev/min							
Potencia de entrada,	kW							
Presión manométrica de descarga,	kgf/m^2(Pd)							
Presión manométrica de succión,	kgf/m^2 (Ps)							
Distancia del manómetro de descarga al plano de referencia,	m (hs)							
Distancia del manómetro de succión al plano de referencia,	m(h_s)							
Area del tubo de descarga,	m^2(Ad)							
Area del tubo de succión,	m^2(As)							
Tasa de descarga,	m^3/sec(O)							
Densidad del líquido bombeado,	$kgf/m^3(\rho)$							

18 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE TRILLADORAS

CONTENIDOS

18 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE TRILLADORAS

18.1 Alcance

Ese procedimiento aplica a la evaluación de trilladoras estacionarias de grano.

El procedimiento explica las definiciones, términos y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes a medir y examinar para evaluar el rendimiento, capacidad de trabajo y adecuación a la tarea.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el comportamiento de la trilladora.

18.2 Definiciones

18.2.1 Clasificación de las Trilladoras

18.2.1.1 Trilladora Manual ("Hold-on")

En este tipo de trilladora las espigas de la planta se introducen al tambor de la trilladora mientras que el tallo es sostenido por el operador o mecánicamente.

1) Cilindro trillador
2) Dientes trilladores
3) Mesa de alimentación
4) Cóncavo
5) Ventilador (adentro)
6) Salida de granos
7) Salida de grano inmaduros
8) Salida de barcia
9) Tapa

Figura 18.1 Trilladora Manual ("Hold-on")
Fuente: RNAM, 1983

18.2.1.2 Trilladora Completa ("Throw-in")

En este tipo de trilladora toda la planta es lanzada dentro de la máquina.

1) Tolva de alimentación
2) Motor elétrico
3) Ventilador
4) Cóncavo
5) Salida de barcla
6) Salida de paja
7) Barras de trilla
8) Cilindro
9) Cóncavo

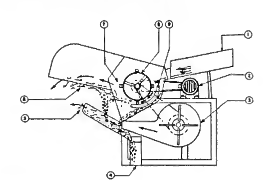


Figura 18.2 Trilladora Completa ("Throw-in")
Fuente: RNAM, 1983

18.2.2 Contenido de Humedad

Del material que se va a trillar se toman al azar 3 muestras de aproximadamente 0.5 kg cada una. Las muestras se colocan en bolsas plásticas selladas y se llevan al laboratorio donde se separa a mano los granos y paja. Los granos y paja de cada muestra son mantenidos en pares. Después de pesarlas, las muestras son secadas al horno a 130°C por al menos 15 h y luego separadas. El contenido de humedad en base seca, %:

$$M = \frac{\text{Peso muestra húmeda - Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$$

El valor promedio es tomado como representativo de la muestra en prueba.

18.2.3 Relación Grano/Paja

Después de determinar el peso de las muestras secas en 18.2.2, se usan los resultados pareados para calcular la relación media grano/paja. La relación es:

$$K = \frac{\text{Peso grano seco}}{\text{Peso paja seca}}$$

18.2.4 Tamaño de los Granos

De una muestra representativa del material en prueba se separan a mano los granos y la paja y se mide el tamaño de 50 granos. De estas mediciones se calcula el diámetro y largo promedio.

18.2.5 Daño a los Granos

Antes de la prueba, se inspeccionan 3 muestras de 100 granos por daño y éste se calcula como % del número total de granos muestreados.

18.3 Procedimiento de Prueba

18.3.1 La Máquina a Probar

El fabricante proporcionará la máquina completa en condiciones de trabajo con las especificaciones de construcción, detalles de ajustes y rendimiento esperado en varios tipos de cultivos. Antes de hacer pruebas, se confirmarán las especificaciones del fabricante y los detalles listados para incluirlos en el informe de prueba.

a) Dimensiones generales y pesos
b) Fuente de potencia y sistema de transmisión
c) Detalles del sistema de alimentación
d) Detalles de la unidad trilladora
e) Tipo de harnero(s)
f) Detalles de la unidad trilladora
g) Tipo de elevador
h) Método de transporte
i) Aspectos de seguridad

18.3.2 Condiciones del Cultivo

Se proveerán cantidades suficientes de al menos 2 variedades de grano para realizar la serie completa de pruebas. Se tomarán muestras de cada grupo con el objeto de poder especificar lo siguiente:

a) Tipo/variedad
b) Contenido de humedad
c) Relación grano/paja
d) Tamaño de los granos
e) Daño a los granos

Cuando se ha establecido el rendimiento esperado de la máquina, cantidades más pequeños del cultivo son pre-pesadas.

18.3.3 Equipo para Mediciones

18.3.3.1 Medición de Potencia

Deben proveerse medios para establecer la potencia requerida para accionar la trilladora. Cuando se usa un motor eléctrico, se puede instalar un torquímetro en la línea de transmisión. Si esto no es posible, se debe usar un wattímetro conectado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Cuando se usa un motor de combustión interna, se puede instalar un torquímetro en la línea de transmisión. Si esto no es posible, se deben hacer las pruebas presentadas en la Sección 4.3 para establecer la potencia en relación a la velocidad y depresión del múltiple de admisión, consumo de combustible o temperatura de los gases de escape. Estos resultados pueden ser usados para estimar el requerimiento de potencia de la máquina durante las pruebas.

18.3.3.2 Pesaje

Deben proveerse balanzas de exactitud apropiada para pesar las muestras de granos y cultivo.

18.3.4 Pruebas Preliminares

Con la máquina regulada de acuerdo con las instrucciones del fabricante y el mecanismo trillador ajustado para el tipo de cultivo, se hacen pruebas con varias tasas de alimentación y velocidades, si ello es aplicable. Estas pruebas permitirán establecer las tasas de alimentación y a los operadores e ingenieros familiarizarse con la operación de la máquina.

18.3.5 Pruebas de Rendimiento

Se realizarán pruebas de 30 minutos usando 2 variedades de cultivo y 3 tasas de alimentación para 3 velocidades diferentes de la trilladora, si es aplicable. Durante la prueba de 30 minutos, se tomarán 3 muestras de grano trillado, paja y barcia de sus respectivas salidas. Se tomará el tiempo que toma obtener las muestras. También se leerá la potencia requerida.

Se anotarán todos los tiempos por detenciones junto con el tiempo total de prueba. Se registrarán observaciones de los factores que afectan la operación de la máquina junto con los ajustes y reparaciones. Al final de la prueba, se operará la máquina al vacío por 2 o 3 minutos para limpiar el residuo de las salidas.

Se harán las siguientes mediciones. En el apéndice se muestran hojas para tomar los datos de la prueba.

		Unidad	Símbolo
a)	Tiempo total que dura cada prueba	minutos	T
b)	Peso de los granos trillados as la salida principal por unidad de tiempo	kg	B
c)	Peso de los granos trillados en todas las otras salidas por unidad de tiempo	kg	C
d)	Peso de los granos sin trillar en todas las salidas por unidad de tiempo	kg	D
e)	Peso de granos dañados en todas las salidas por unidad de tiempo	kg	E
f)	Porcentaje de granos dañados en toda la muestra antes de la trilla	%	F
g)	Peso de granos enteros colectados a las salidas de barcia y paja por unidad de tiempo	kg	G
h)	Peso de todos los granos (enteros, dañados y no trillades) en las salidas para barcia y paja por unidad de tiempo	kg	H
i)	Peso de granos sin trillar en todas las salidas por unidad de tiempo	kg	J
j)	Peso del grano entero en la salida principal del grano por unidad de tiempo	kg	K
j)	Peso del material entero en la salida principal por unidad de tiempo	kg	L

De los resultados promedio de las repeticiones, se harán los siguientes cálculos.

		Unidad	Símbolo	Cálculo
a)	Grano total usado en la prueba	kg	A	B+C+D
b)	Porcentaje de granos sin trillar	%	N	(J/A) x 100
c)	Eficiencia de trilla	%		100 - N
d)	Eficiencia de limpieza	%		(K/L) x 100
e)	Aumento en porcentaje de granos dañados	%		[(E/A)x100] - F
f)	Porcentaje de grano aventado	%		(G/A) x 100
g)	Porcentaje de grano perdido	%		(H/A) x 100
h)	Recuperación de trilla	%		(B/A) x 100
i)	Capacidad de trilla	kg/h	W	(B/T) x 60
j)	Capacidad corregida a contenido de humedad estándar (SMC) y razón estándar de grano (RS)*	kg/h	Wc	$\frac{Wx\ (100\text{-}MC)xRS}{(100\text{-}SMC)\ R}$

* RS es la razón grano/paja del cultivo cosechado especificada como estándar en el país. R es la razón grano/paja observada.

18.4 Pruebas de Durabilidad

Debe operarse la trilladora por al menos 20 h bajo carga con períodos continuos de al menos 5 h. Durante estas pruebas, se debe prestar especial atención a los ajustes, reparaciones, facilidad de operación, bloqueo y mantenimiento de la tasa de alimentación.

18.5 Informe

18.5.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de la construcción y distribución de la máquina.

18.5.2 Breve Descripción

Debe entregarse una breve descripción del sistema de transmisión de potencia, el mecanismo trillador y el sistema de limpieza.

18.5.3 Especificaciones

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

18.5.3.1 Dimensiones Generales

	Para operación	Para transporte
Largo:	mm	mm
Ancho:	mm	mm
Alto:	mm	mm

18.5.3.2 Peso — kg

18.5.3.3 Fuente de Potencia

Tipo:
Marca:
Modelo:
Potencia nominal: kW
Velocidad nominal: rev/min

18.5.3.4 Sistema de Transmisión de Potencia

18.5.3.5 Sistema de Alimentación

Tipo:
Sistema de alimentación mecánica:
Altura y ancho de la mesa de alimentación: mm/mm
Altura de la mesa de alimentación sobre el suelo: mm
Tasa(s) de alimentación: kg/h

18.5.3.6 Tambor o cilindro trillador

Tipo:
Diámetro: mm
Largo: mm
Velocidad(es): rev/min
Nº y tamaño de los clavos o barras:

18.5.3.7 Cóncavo

Tipo:
Tamaño de las aberturas o ranuras: mm/mm
Método para ajustar la separación con el cilindro:

18.5.3.8 Harnero(s)

Tipo:
Número:
Despeje: mm
Rango de pendiente:
Variación de los tamaños disponibles:

18.5.3.9 Soplador

Tipo:
Número:
Tamaño: mm
Método para cambiar el volumen de aire:

18.5.3.10 Elevador

Tipo:
Método para accionarlo:
Altura de la salida de grano: mm

18.5.3.11 Sistema de transporte

Tipo:
Nº y tamaño de la ruedas:

18.5.3.12 Aspectos de seguridad:

18.5.3.13 Capacidad de trabajo (especificada por el fabricante): kg/h

18.5.4 Resultados de las Pruebas de Rendimiento

18.5.4.1 Cultivo

Variedad:
Contenido de humedad: %
Relación grano/paja:
Tamaño de los granos: mm/mm
Daño a los granos: %

18.5.4.2 Resumen de los resultados de las pruebas

Velocidad o calibración del cilindro trillador									
Tasa de alimentación de cultivo, kg/h									
Grano total alimentado, kg									
Eficiencia de la trilla, %									
Eficiencia de limpieza, %									
Aumento del porcentaje de granos dañados, %									
Porcentaje de granos aventados, %									
Procentaje de granos perdidos, %									
Recuperaciòn de trilla, %									
Capacidad de trabajo, kg/ha									
Capacidad de trabajo corregida al % de humedad y razón estándar de grano, kg/h									
Requerimientos de potencia, kWh/ton									
Requerimientos de mano de obra, h-hombre/ton									

18.5.4.3 Reparaciones y ajustes durante las pruebas

18.5.4.4 Comentarios y observaciones

APENDICE 18A

1. Hoja de datos para muestras de cultivo

		Muestra	
	1	2	3
Variedad			
Contenido de humedad %			
Razón grano/paja			
Tamaño de las granos mm x mm			
Daño a los granos			

2. Hoja de datos para el análisis de las muestras de prueba

Muestra No	Tasa de alimentación kg/h	Vel. de la trilladora rev/min	Muestra de	Masa Total de la muestra, kg	Masa, kg			
					Grano limpio	Grano quebrado	Grano sin trillar	Material extraño
			Salida principal					
			Exceso del harnero					
			Salida de barcia					

3. Hoja de Datos de la Prueba

Prueba No.	Fecha	Hora de inicio, h min	Hora de término, h min	Duración de la prueba h min	Velocidad del cilindro rev/min	Tasa de alim. kg/h	Potencia requerida kW	No. de muestras	Cantidad en las muestras, kg		
									Salida principal de granos	Exceso del harnero	Salida de barcia

4. Detenciones durante la prueba

Prueba número:

Tiempo			Razón por la cual se paró
Desde	Hasta	Total	

5. Observaciones generales

19 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE DESGRANADORAS DE MAIZ

CONTENIDOS

19 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE DESGRANADORAS DE MAIZ

19.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de desgranadoras estacionarias de maíz.

El procedimiento explica las definiciones, terminología y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes a medir y examinar para evaluar el rendimiento y adecuación a la tarea.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el comportamiento de la desgranadora.

19.2 Definiciones

19.2.1 Clasificación de las Desgranadoras

19.2.1.1 Desgranadoras Sin Ventilador

En una desgranadora sin ventilador, la separación de las mazorcas sin granos (zuros) y hojas se hace en operaciones diferentes sucesivas tales como trillado y aventado.

1) Motor
2) Chasis
3) Cilindro de barras
4) Cóncavo
5) Transmisión
6) Tolva de alimentación
7) Harnero (Criba)
8) Malla protectora
9) Guía de mazorcas
10) Extensión del cóncavo

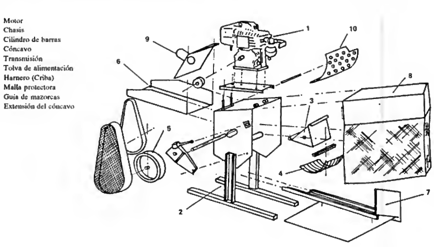


Figura 19.1 Partes de una trilladora sin ventilador
Fuente: Campos Magaña, 1987

19.2.1.2 Desgranadoras con Soplador y Harneros (Cribas)

En este tipo, los pedazos pequeños de mazorca sin granos y hojas son separadas por la corriente de aire que genera un ventilador, y los pedazos grandes de mazorcas son también separados de los granos.

1) Chasis
2) Tolva de alimentación
3) Cilindros desgranadores
4) Disco desgranador
5) Guías ajustables
6) Ventilador

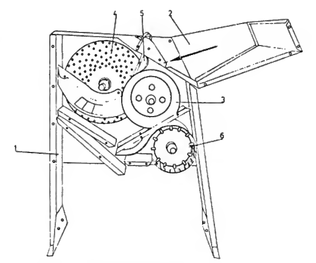


Figura 19.2 Desgranadora de maíz con ventilador
Fuente: Campos Magaña, 1987

19.2.2 Contenido de Humedad

Del material a desgranar se seleccionan al azar 3 mazorcas. Las muestras se colocan en bolsas plásticas selladas y son llevadas al laboratorio. Después de pesadas, son secadas al horno a 103°C por al menos 72h y luego re-pesadas. El contenido de humedad en base seca, % es:

$$M = \frac{\text{Peso muestra húmeda - Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$$

El valor promedio es tomado como representativo de la muestra de prueba.

19.2.3 Relación Granos de Maíz/Mazorca sin Granos

Después de determinar el peso de las muestras secas de 19.2.2, se separa manualmente las mazorcas y granos de maíz y se pesan. La relación granos/mazorca es:

$$K = \frac{\text{Peso de los granos de maíz}}{\text{Peso de la mazorca sin granos}}$$

19.2.4 Mazorca y Granos

19.2.4.1 Mazorcas

Se seleccionan 10 mazorcas al azar del material de prueba y se pesan para establecer el peso promedio por mazorca.

19.2.4.2 Granos

Después de pesadas, las mazorcas son desgranadas manualmente y se pesan 8 muestras de 100 granos. El peso promedio de la muestra es multiplicado por 10 para establecer el peso de 1000 granos.

19.2.5 Daño a los Granos

Antes de las pruebas, se seleccionan al azar 10 mazorcas de la muestra de prueba y son desgranadas manualmente. Se inspeccionan los granos por daño y se calcula el daño como % del Nº total de granos de maíz muestreados.

19.2.6 Tamaño de las Mazorcas

El tamaño de la mazorca es el promedio de la longitud y diámetro medidos de 10 mazorcas seleccionadas al azar de la muestra de prueba.

19.2.7 Tamaño de los Granos

El tamaño del grano es el diámetro y grosor promedio de 50 granos desgranados de mazorcas seleccionadas al azar de la muestra de prueba.

19.3 Procedimiento de Prueba

19.3.1 Máquina a Probar

El fabricante proveerá la máquina completa en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de construcción, detalles de ajustes y rendimiento esperado para varios tipos de maíces. Antes de las pruebas, se confirmarán las especificaciones del fabricante para incluirlas en el informe de prueba.

a) Dimensiones y pesos generales
b) Fuente de potencia y sistema de transmisión
c) Detalles del sistema de alimentación
d) Detalles de la unidad desgranadora
e) Tipo de harnero (criba)
f) Tipo de ventilador
g) Tipo de elevador
h) Método de transporte
i) Dispositivos de seguridad

19.3.2 Condiciones del Cultivo

Se proveerá una cantidad suficiente de al menos 2 variedades de maíz para realizar la serie completa de pruebas. Las muestras serán tomadas de cada grupo para poder especificar lo siguiente:

a) Tipo
b) Contenido de humedad
c) Relación granos/mazorca sin granos
d) Pesos de granos y mazorca
e) Tamaños de mazorcas y granos
f) Daño a los granos

Cuando se ha establecido el rendimiento de la máquina cantidades más pequeñas de mazorcas son pre - pesadas.

19.3.3 Equipo de Medición

19.3.3.1 Medición de potencia

Deben proveerse los medios para establecer la potencia requerida para accionar la desgranadora. Cuando se usa un motor eléctrico, se puede instalar un torquímetro en la línea de transmisión. Si esto no es posible, puede usarse un wattímetro, conectado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Cuando se usa un motor de combustión, se puede instalar un torquímetro en la línea de transmisión. Si esto no es posible, se pueden hacer las pruebas descritas en la Sección 4.3 para establecer la potencia en relación a la velocidad y depresión del múltiple de admisión, consumo de combustible o temperatura de los gases del escape. Estos resultados pueden usarse para estimar el requerimiento de potencia de la máquina durante las pruebas.

19.3.3.2 Pesaje

Deben proveerse balanzas de exactitud apropiada para pesar las mazorcas y los granos.

19.3.4 Pruebas Preliminares

Con la máquina regulada de acuerdo con las instrucciones del fabricante y el mecanismo de desgrane ajustado para el cultivo se hacen varias pruebas a diferentes tasas de alimentación y calibraciones del desgranador, si es aplicable. Estas pruebas permitirán establecer las tasas de alimentación y a los operadores e ingenieros familiarizarse con la operación de la máquina.

19.3.5 Pruebas de Rendimiento

Se harán pruebas de 30 minutos de duración usando 2 variedades de cultivo y 3 tasas de alimentación de mazorcas para 3 velocidades del cilindro desgranador, si es aplicable. Se harán 3 repeticiones de cada prueba.

Durante los 30 minutos de prueba se tomarán 3 muestras de granos de maíz, mazorcas sin maíz y hojas en las salidas respectivas. Se anotará el tiempo durante el cual se toman las muestras, como también las lecturas de potencia. También se registrará cualquier tiempo de paradas, así como el tiempo total de la prueba.

Se anotarán observaciones sobre factores que afecten la operación de la máquina junto con los ajustes y reparaciones. Al final de la prueba la máquina será operada al vacío por 2 o 3 minutos para limpiar los residuos de las salidas.

Se deben tomar las siguientes mediciones:

En el Apéndice se presentan ejemplos de hojas para registrar los datos de la prueba.

		Unidad	Símbolo
a)	Tiempo que duran las pruebas	minutos	T
b)	Relación granos de maíz por mazorca	kg	H
c)	Alimentación de mazorca por unidad de tiempo	kg	Q
d)	Peso de granos desgranados en todas las salidas por unidad de tiempo	kg	B
e)	Peso de granos desgranados en la salida principal por unidad de tiempo	kg	C
f)	Peso de grano y mezcla de residuos por unidad de tiempo	kg	D
g)	Peso de granos desgranados y dañados en todas las salidas por unidad de tiempo	kg	E
h)	Porcentaje de granos dañados antes de desgranar	%	F
i)	Peso de granos desgranados y no desgranados en la salida principal por unidad de tiempo	kg	G

Del promedio de los resultados de las repeticiones, se hacen los cálculos siguientes:

		Unidad	Símbolo	Cálculo
a)	Entrada total de granos de maíz	kg	A	Q x H
b)	Eficiencia de desgrane	%		(B/A)x100
c)	Eficiencia de limpieza	%		(C/D)x100
d)	Aumento en porcentaje de granos dañados	%		(E/Ax100)-F
e)	Porcentaje de granos perdidos en la salida de mazorca sin granos	%		(G/A)x100
f)	Capacidad de desgrane	kg/h	W	(B/T)x60
g)	Capacidad corregida a contenido de humedad estándar (SMC)	kg/h	W_c	$W \times \frac{(100-M)}{(100-SMC)}$

19.4 Pruebas de Durabilidad

La desgranadora será operada por, al menos, 20 h bajo carga con pruebas continuas de al menos 5 h. Durante estas pruebas, se prestará atención especial a los ajustes, reparaciones, facilidad de operación, bloqueos y mantenimiento de la tasa de alimentación.

19.5 Informe

19.5.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los principales detalles de construcción y distribución de la máquina.

19.5.2 Breve Descripción

Debe entregarse una breve descripción del sistema de transmisión de potencia, el mecanismo desgranador y el sistema de limpieza, si existe.

19.5.3 Especificaciones

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

19.5.3.1 Dimensiones Generales

	Para operación	Para transporte
Largo:	mm	mm
Ancho:	mm	mm
Alto:	mm	mm

19.5.3.2	Peso	kg
19.5.3.3	Fuente de Potencia	
	Tipo:	
	Marca:	
	Modelo:	
	Potencia nominal:	kW
	Velocidad nominal:	rev/min
19.5.3.4	Sistema de transmisión de potencia	
19.5.3.5	Sistema de Alimentación	
	Tamaño de la tolva:	mm/mm
	Altura del alimentador sobre el suelo:	mm
	Tasa(s) de alimentación:	kg/h
19.5.3.6	Unidad Desgranadora	
	Tipo:	
	Tamaño:	mm
	Velocidad(es) nominal:	rev/min
19.5.3.7	Cóncavo	
	Tipo:	
	Rango de ajuste de abertura:	mm a mm
	Método de ajustar la abertura:	
19.5.3.8	Harnero(s) o Criba(s)	
	Tipo:	
	Tamaño:	mm
	Pendiente:	°
19.5.3.9	Soplador	
	Nº de aspas:	
	Dimensiones:	mm
	Velocidad:	rev/min
	Método para cambiar el volumen de aire:	
19.5.3.10	Salida del Maíz	
	Tipo:	
	Dimensiones:	mm
19.5.3.11	Sistema de transporte	
	Tipo:	
	Nº y tamaño de las ruedas:	
19.5.3.12	Dispositivos de seguridad:	
19.5.3.13	Capacidad (especificada por el fabricante):	kg/h

19.5.4 Resultados de las Pruebas de Rendimiento

19.5.4.1 Cultivo

Variedad de maíz:
Contenido de humedad: %
Relación grano/mazorca sin granos:
Peso de mazorcas y granos: g
Tamaños de mazorcas y granos: mm/mm
Daño a los granos: %

19.5.4.2 Resumen de resultados de las pruebas

Velocidad del cilindro desgrandor o ajuste								
Tasa de alimentación de mazorcas, kg/h								
Total de granos de maíz alimentados, kg								
Eficiencia del desgrane, %								
Eficiencia de limpieza, %								
Aumento del porcentaje de granos dañados, %								
Porcentaje de granos aventados, %								
Capacidad de desgrane, kg/h								
Capacidad de desgrane corregida a % de contenido de humedad, kg/h								
Requerimiento de potencia, kWh/ton								
Requerimientos de mano de obra, h-hombre/ton								

19.5.4.3 Reparaciones y ajustes durante las pruebas

19.5.4.4 Comentarios y observaciones

APENDICE 19A

1. Hoja de datos para muestras de cultivos

		Muestra		
		1	2	3
Variedad				
Contenido de humedad	%			
Relación granos/mazorca sin grano				
Peso de las mazorcas	g			
Peso de granos	g			
Tamaño de mazorcas	mm x mm			
Tamaño de granos	mm x mm			
Daño a los granos				

2. Hoja de datos para análisis de las muestras de prueba

Muestra No	Tasa de alim., kg/h	Vel. de la trilladora, rev/min	Muestra de	Masa total de la muestra, kg	Masa, kg			
					Grano limpio	Grano quebrado	Grano sin desgranar	Material extraño
			Salida principal					
			Exceso de tamiz					
			Salida de barcia					

3. Hoja para Datos de la Prueba

Prueba No.	Fecha	Hora de inicio, h min	Hora de término, h min	Duración de la prueba, h min	Velocidad del cilindro, rev/min	Tasa de alim., kg/h	Potencia requerida kW	No. de muestras	Cantidad en las muestras, kg		
									Salida principal de grano	Exceso del harnero	Salida de mazorcas

4. Paradas durante la prueba

Prueba Número:

Tiempo			Razon por la cual se paró
Desde	Hasta	Total	

5. Observaciones generales

20 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE COSECHADORAS COMBINADAS

CONTENIDOS

20 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE COSECHADORAS COMBINADAS

20.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de cosechadoras combinadas autopropulsadas y arrastradas para cereales como trigo, cebada y avena.

El procedimiento también cubre máquinas especializadas para cosechar maíz, arroz o máquinas estándar que han sido modificadas.

El procedimiento explica las definiciones, terminología y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes a medir y examinar para evaluar el rendimiento, capacidad de trabajo e idoneidad para la tarea.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el comportamiento de la cosechadora.

20.2 Definiciones

20.2.1 Clasificación de las Cosechadoras Combinadas

20.2.1.1 Autopropulsadas

Es un tipo de cosechadora donde el motor es parte integral de la máquina y es la fuente de potencia para todos los procesos de trillado y para el desplazamiento.

20.2.1.2 Arrastradas

Son cosechadoras combinadas donde la potencia para el desplazamiento es proporcionado por un tractor. El mecanismo de trilla puede ser accionado por un motor montado sobre la cosechadora o por el ETF del tractor.

20.2.1.3 Máquinas especializadas

Son máquinas diseñadas para cosechar cultivos especializados o máquinas modificadas con otros aditamentos.

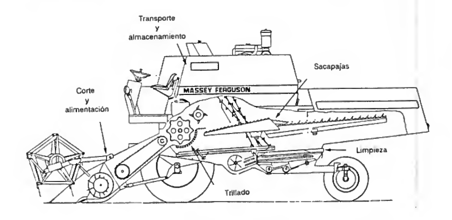


Figura 20.1 Cosechadora combinada de corte directo (Massey-Ferguson)

20.2.2 Rendimiento de Grano

Este es el peso de la mezcla entregada por la máquina por unidad de tiempo. (En todas las máquinas el grano es limpiado al menos una vez por un mecanismo de limpieza primario para remover las impurezas tales como la barcia o cascarilla. En algunas máquinas la mezcla resultante de esta limpieza primaria es limpiada nuevamente. En este caso el rendimiento de los dos o más grados de limpieza deben añadirse para obtener el rendimiento total de grano).

20.2.3 Composición de la Mezcla

Esta se define por el % de su peso con el contenido de humedad al momento de la cosecha, considerando los siguiente elementos:

a) grano entero sin daño aparente
b) grano con daño aparente (quebrado, agrietado o descascarado)
c) impurezas (materiales no grano - MOG)

20.2.4 Porcentaje de Daño e Impurezas

Este se expresará como el % en peso calculado como:

$$\text{Grano dañado o impurezas, \%} = \frac{\text{Peso del grano dañado o impurezas}}{\text{Peso total de la muestra incluyendo los granos dañados e impurezas}} \times 100$$

20.2.5 Pérdidas de Granos

Son expresadas como % del rendimiento de la máquina como peso por unidad del área.

20.2.5.1 Pérdida antes de Cortar

Esta es el grano caído al suelo antes de cosechar. En cultivos caídos (acamados), solo aquellas espigas o granos en contacto con el suelo y con la paja no conectada a la raíz serán incluidas como pérdidas antes del corte.

20.2.5.2 Pérdida en la Barra Segadora/Cabezal

Esta es el grano y espigas caídas al suelo como resultado del paso de la barra segadora, cabezal y divisores maiceros.

20.2.5.3 Pérdida en el Trillado

Es el grano perdido durante el paso del material cosechado a través de la máquina.

20.2.5.3.1 Pérdida en el Tambor

Es el grano que queda en las mazorcas o espigas después de pasar sobre los sacapajas o harneros superiores.

20.2.5.3.2 Pérdida en el Sacapajas

Es el grano suelto que se pierde con la paja.

20.2.5.3.3 Pérdida en los Harneros (cribas)

Es la pérdida de grano contenida en el material que sale por los harneros.

20.2.6 Contenido de Humedad

El contenido de humedad de las muestras de grano puede obtenerse usando un medidor comercial. Si éste no está disponible o se necesita un resultado más exacto, se puede usar el método siguiente. Se colocan muestras de 500 g cada una, obtenidas al azar, en contenedores sellados y se llevan al laboratorio. Después del pesaje, las muestras se secan a 100° C por al menos 24 h y luego se pesan nuevamente. El contenido de humedad en base húmeda se calcula con la fórmula siguiente:

$$M\ \% = \frac{\text{Peso muestra húmeda - peso muestra seca}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

20.2.7 Relación Paja/Grano

Es la media de la relación que existe entre el rendimiento calculado de paja y grano expresado en peso por unidad de área.

La relación paja/grano:

$$K = \frac{\text{Peso de paja por unidad de área}}{\text{Peso de grano por unidad de área}}$$

20.3 Procedimiento de Prueba

La prueba se efectuará para evaluar los siguientes componentes en un rango representativo de cultivos y condiciones de cosecha que representen, en lo posible, la mayoría de las condiciones encontradas normalmente en el país donde se ejecutan las pruebas.

a) Calidad del trabajo.

   (i) Contenido de basura.
   (ii) Daño al grano.
   (iii) Pérdidas de grano.
   (iv) Tratamiento de la paja.

b) Tasa de trabajo.
c) Consumo de combustible y requerimiento de potencia.
d) Comportamiento de la máquina bajo toda condición.
e) Condiciones y comodidad para el operador(es) incluyendo los niveles de ruido.
f) Facilidad de ajustes y mantenimiento rutinario.

20.3.1 Máquina a Probar

El fabricante proveerá la máquina completa y en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de la construcción, detalles de ajustes y rendimiento esperado en varios tipos de cultivo. Se proveerán aditamentos adicionales requeridos para cultivos especializados.

20.3.2 Especificaciones

Antes de las pruebas de campo las especificaciones de los fabricantes serán confirmadas en relación con los siguientes aspectos:

a) Dimensiones y pesos generales.
b) Fuente de potencia y sistema de transmisión.
c) Tipo y dimensiones del molinete, mesa de corte y cabezal maicero.
d) Detalles y ajustes del conjunto del cilindro trillador.
e) Detalles de los mecanismos de separación.
f) Detalles de ventiladores y sus velocidades.
g) Tipo(s) de elevador(es).
h) Posición y tamaño del depósito de grano.
i) Detalles y dimensiones del sinfín descargador de grano.
j) Detalles de los controles de operación y posición de conducción.
k) Arreglos para el transporte.
l) Dispositivos de seguridad.

Las especificaciones completas se presentarán en el informe.

20.3.3 Condiciones del Campo y Cultivo

El desempeño de las cosechadoras combinadas variará considerablemente de acuerdo con el tipo y condición del cultivo y la topografía y condición del suelo en el campo.

La cosecha debe realizarse, al menos, en 5 campos diferentes. El objetivo será intentar cosechar cultivos bajo condiciones "promedio a buenas", y además intentar trabajar en cada cultivo bajo malas condiciones (cultivos caídos y enmalezados).

Es importante que el rango y variedad de cultivos cubra aquellos que son importantes en el país donde trabajará la máquina.

Para cada campo, se registrarán y anotarán en el informe las siguientes condiciones:

a) Condiciones atmosféricas.
b) Forma y tamaño de la parcela.
c) Estado del terreno.
d) Pendiente del terreno.
e) Tipo de cultivo.
f) Variedad de cultivo.
g) Condición del cultivo.

Los campos seleccionados para las pruebas principales de rendimiento y calificación deberán ser planos y libres de irregularidades superficiales graves.

Si la estabilidad de la máquina lo permite, se pueden realizar pruebas en campos con pendientes de hasta 20% para evaluar las características de manejo y cualquier influencia en las pérdidas de trilla. Se elegirá un cultivo en buenas condiciones para este trabajo.

20.3.4 Tractores

Si se requiere un tractor para arrastrar y propulsar la máquina, debe tener el peso y potencia de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la combinada.

Si el fabricante no especifica límites para el rendimiento del tractor, el encargado de las pruebas elegirá un tractor que tenga amplia potencia disponible y capaz de obtener el rendimiento máximo de la combinada.

20.3.5 Operadores

Los operadores de tractores o combinadas deben estar altamente entrenados y familiarizados con la operación de los tipos de combinadas bajo prueba.

20.3.6 Pruebas de Campo

20.3.6.1 Ensayos Preliminares

Con la máquina ajustada de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con los mecanismo de corte y trilla ajustados al tipo del cultivo, se harán ensayos a varias velocidades.

Estos ensayos permitirán familiarizar a los operadores e ingenieros con la operación de la máquina y verificar que las regulaciones son satisfactorias.

20.3.6.2 Calidad del Trabajo

La calidad del trabajo realizado por la combinada puede evaluarse obteniendo, por muestreo, la cantidad de grano sin daño ni basura para cualquier condición de campo y cultivo dados.

20.3.6.2.1 Obtención de la Muestra de Grano

Durante un día completo de trabajo en un cultivo se tomarán 3 muestras de 500 g. Luego que pasen 5 - 8 h desde el inicio de la operación hasta el término, las muestras se tomarán periódicamente como sigue:

Muestra I, 1 h después del inicio del trabajo,
Muestra II, mitad del período de trabajo,
Muestra III, 1 h antes de terminar el trabajo.

Cuando se trabaja un período más corto, digamos 4h, las Muestras I y III serán suficientes, y para un período corto de la tarde la Muestra II será suficiente.

El contenido de humedad del grano será citado como la media de estas muestras a menos que ocurra un gran cambio en el contenido de humedad - afectando otros resultados - durante el período de cosecha y en este caso ellos se registrarán separadamente.

Cada muestra de 500 g será extraída de la cantidad mayor de grano recolectada normalmente durante una vuelta completa al campo. El observador irá montado en la máquina y repetidamente llenará una botella muestreadora colocándola, en la corriente de grano que entra a los sacos o tolva. De este modo, la muestra será extraída contínuamente, excepto por el tiempo requerido para vaciar la botella en el saco o contenedor que lleva el observador. El observador moverá la botella de un lado a otro de la corriente de grano para evitar así cualquier sesgo que pudiera ocurrir.

En cultivos donde el contenido de humedad o de basura varian enormemente, se recomienda continuar obteniendo grano de la combinada durante una segunda vuelta por el campo.

Cuando se ha sacado la muestra se reducirá inmediatamente de tamaño con un divisor de muestras (Fig 4.41) hasta que pueda sellarse en una botella de muestra de 500 g. La botella será etiquetada con la letra índice del campo, la fecha y hora.

20.3.6.2.2 Determinación del Contenido de Humedad

El contenido de humedad de las muestras de 500 g será obtenido tal como se explicó en el párrafo 20.2.6. Si se utiliza un medidor comercial la proporción requerida de la muestra de 500 g será obtenida y molida para determinar la humedad.

Las determinaciones de humedad serán hechas dentro de las 24 h después de haberse extraído la muestra. Si en este lapso ha ocurrido algo de condensación en las paredes de la botella, ésta debe agitarse bien para devolver la humedad al grano.

Se mide el contenido de humedad del grano como un paso hacia la definición de las condiciones, y de acuerdo a lo anterior debe notarse que el contenido de humedad del grano puede aumentar notablemente por la operación de la combinada.

20.3.6.2.3 Contenido de Basura y Daño al Grano

Usando un divisor de muestra, se divide la muestra de 500 g en 4 partes. Se retiene un cuarto para el análisis de basura y daño; los resultados se expresan en base al peso. Todo material verde debe secarse por 48 h antes de pesarlo. No se requiere secado artificial y se le permite a la muestra secarse en una sala tibia.

Los granos dañados y la basura son separadas a mano en el laboratorio.

20.3.6.2.4 Estimación de las Pérdidas de Grano

Los métodos descritos más adelante serán usados cuando el Encargado de las Pruebas está satisfecho con la noción de que la combinada está operando óptimamente. Se harán chequeos puntuales similares al llegar a este ajuste, pero por razones obvias estos resultados no serán informados. En todos los casos, los puntos de muestreo serán elegidos al azar pero estarán ubicados en regiones representativas del campo.

Método 1 - Recolección Continua

Este método puede usarse solamente cuando esté disponible una unidad de retrillado.

La unidad (Fig 4.45) permite reprocesar el material que sale del sacapajas y los harneros de la combinada en prueba y retrillar todo grano que quede en las espigas o mazorcas.

Se recolecta el grano suelto dentro de la máquina y se pesa para evaluar el % de pérdidas atribuible a varias partes de la combinada en prueba.

Muchas combinadas entregan la paja y la cascarilla en 2 flujos separados en la parte trasera de la máquina, pero si una máquina en particular no separa los 2 flujos, debe colocarse un deflector simple para hacer esta separación durante la prueba. Esta modificación es necesaria con cualquier método usado para determinar la pérdida.

Para hacer la determinación de las pérdidas, se colocan debajo de la parte trasera de la máquina en operación, dos grandes mantas (3 m x 4 m aprox, Fig 4.43), de tal manera que 1 manta recoge la salida de las cribas y la otra la salida del sacapajas. Para extender completamente la manta, se usa un listón de madera en el frente y parte trasera de cada manta. Una franja cosechada equivalente a aproximadamente 50 m^2 es normalmente conveniente para recolectar y tal largo debe ser marcado en el terreno con estacas.

Las determinaciones de pérdidas solo se harán cuando la combinada esté operando establemente. Las mantas no deben colocarse inmediatamente después de una detención, cuando el mecanismo de trilla puede no estar totalmente cargado. Es probable que se requiera recorrer 50 m para cargar completamente la máquina.

Cuando la máquina se aproxima a la parcela a probar, el operador es instruido a manejar bien adentro del cultivo en pie de tal manera que se deje en pie una franja angosta (digamos 25 cm) (ver Fig 20.2). Esta franja asegura que se está cosechando una franja de ancho completo de la máquina. Durante el trabajo rutinario la franja de 25 cm no es dejada sin cortar, y en este caso el ancho de corte será determinado midiendo transversalmente 10 franjas, esto es midiendo del centro de una hilera al centro de la décima hilera en frente de la primera. Esta distancia será medida en no menos de 10 puntos en diferentes partes del campo.

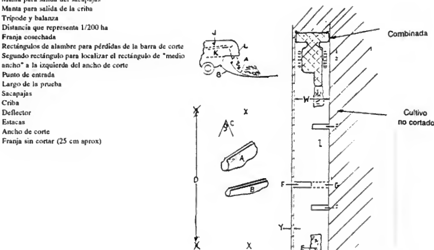


Figura 20.2 Método de recolección continuo para determinar pérdidas en una combinada
Fuente: Hebblethwaite, 1955

Uno de los observadores con las mantas, dará la señal para su inserción al inicio, aproximadamente, de la parcela de 50 m² al mismo tiempo que hace funcionar el cronómetro. Cuando se aproxima el final, o cuando hay suficiente paja en las mantas, él señalizará para sacar las mantas y parar el cronómetro.

Se medirá la longitud de la franja sin paja (se toma como el largo de la parcela de prueba). El ancho de la parcela es el ancho de corte completo de la máquina. Se registrará el tiempo tomado, aunque en algunas ocasiones puede ser conveniente medir la velocidad de la máquina en otra parte del campo. Se registrará el peso de la paja y cascarilla.

Para separar las pérdidas de grano individuales, se usará una unidad de retrilla (una trilladora modificada) como sigue:

Muestra de paja La paja será alimentada lentamente en el **sacapajas** de la unidad de retrilla, y los granos sueltos sacudidos serán colocados en un sobre. Este grano es "la pérdida del sacapaja" y es retenida para limpieza final y pesaje.

La paja es luego alimentada al **tambor** de la unidad. El grano obtenido es la "pérdida del tambor" (espigas sin trillar) y debe ser retenido para pesaje como anteriormente.

Muestra de cascarilla La cascarilla será alimentada al **sacapajas** de la unidad de retrilla. El grano separado será registrado como "pérdidas de la criba". Las espigas que pasan por la parte trasera de la unidad de retrilla serán puestas en el **tambor** y los granos trillados serán añadidos al sobre de la "pérdida del tambor". Es muy deseable hacer repeticiones del procedimiento de muestreo, pero el número exacto de repeticiones dependerá en gran parte de las condiciones y tiempo disponible. En un cultivo con plantas en pie y caídas (acamadas), se muestreará separadamente cada área.

Método 2 - Determinación en bandejas

Este método debe ser usado solamente cuando el método de recolección continuo no puede ser usado por razones prácticas; el método anterior es más confiable pero requiere equipo más complicado.

Normalmente, dos observadores permanecerán con la combinada, uno es responsable de tomar el tiempo y el otro de las determinaciones de pérdida. Las repeticiones deben ser numerosas (al menos 10 en campos normales) y la ubicación de los puntos de muestra elegidos deben ser representativas de todo el campo (si hay áreas con plantas caídas, su estimación de pérdidas debe efectuarse separadamente).

Cuando la combinada pasa el punto de muestreo, el observador colocará una bandeja (Fig 20.3) en el rastrojo antes de que caiga al suelo el material que sale por la parte trasera de la máquina. En este caso el deflector, mencionado previamente, sirve para dirigir el flujo de la salida de las cribas a la bandeja antes de la salida del sacapajas; la clasificación de pérdidas está basada en el supuesto de que hay 2 capas distintas de materiales que pueden separarse subsecuentemente. Después del paso de la combinada, la hilera debe ser separada de tal manera que el largo sobre la bandeja representa al ancho exacto de la bandeja. El material de esta franja será levantado suavemente a otra bandeja y examinado a mano por espigas no trilladas y pesado posterior como "pérdidas del tambor". Todos los granos que quedan en la segunda bandeja después de una cuidadosa eliminación de la paja serán retenidos como "pérdidas del sacapajas". El material de la primera bandeja será clasificado: las espigas no trilladas serán colocadas con las pérdidas del cilindro; los granos serán colocados en un sobre marcado "pérdidas de la criba".

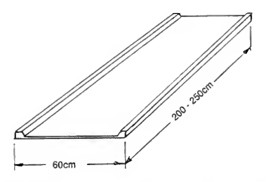


Figura 20.3 Bandeja colectora de paja hecha de madera y arpillera

Los sobres que contienen el grano con impurezas serán limpiados y pesados en el laboratorio; se calculará el área que representan a partir del ancho de corte promedio que será determinado como parte de la prueba en cada campo. No debe intentarse separar los granos individuales en el campo ya que ello puede hacerse mucho más rápidamente en el laboratorio.

20.3.6.2.5 Determinación de las pérdidas de la barra segadora y pre-corte

Las pérdidas en la barra de corte son el grano y espigas caídas al suelo como resultado del paso de la barra de corte y separadores.

Si se usa el método de recolección continua para determinar las pérdidas por trilla, las pérdidas en la barra de corte serán determinadas en aquellos sectores del terreno protegido de la salida de la combinada por el uso de las mantas. Se usa un rectángulo de alambre para marcar el área donde se realizará la recolección a mano (Fig 4.42). El rectángulo debe medir 30 cm en la dirección de avance de la combinada y debe

representar la mitad del ancho o el ancho completo de corte de la combinada en la otra dirección (dependiendo del tamaño de la máquina). En el punto de muestreo, el lado corto del rectángulo debe ubicarse contra el cultivo no cortado y todos los granos y espigas que yacen en el rastrojo dentro de esta área serán colocadas en un sobre marcado "pérdida de la barra de corte + pre-corte". (Si el rectángulo que representa la mitad del ancho de corte es usado, éste debe colocarse en el extremo derecho del ancho de corte y luego en el extremo izquierdo: ver Fig 20.2 para una explicación).

Si se ha usado el método de las bandejas, el rectángulo se emplea de la misma manera excepto que en este caso se ubica donde el rastrojo fue protegido de la salida trasera de la máquina por las bandejas.

Al recolectar los granos del suelo quedará claro que las pérdidas por la barra y pre-corte fueron incluidas, y por ello debe hacerse un número similar de determinaciones de pérdidas de pre-corte (usando el mismo rectángulo anterior). Se hacen en el cultivo no cortado (con las precauciones antes mencionadas para cultivos caídos o enmalezados); en cultivos caídos, se recolectarán solo aquellas espigas o granos en contacto con el suelo y con la paja no conectada a la raíz, y serán incluidas en las pérdidas de pre-corte.

Son necesarias de 10 a 15 repeticiones en cada campo para determinaciones de pérdidas de pre- corte y barra de corte, para obtener una estimación razonable.

20.3.6.2.6 Tratamiento de la paja

En cada uno de los cultivos cosechados, se registrarán el tratamiento y ubicación de la hilera de paja.

20.3.6.3 Tasa de trabajo

Durante el trabajo de campo, se mantendrá un registro continuo del tiempo de operación, de vueltas y sin trabajar.

Además de los factores requeridos para calcular las tasas de trabajo, algunos ítemes que definen más exactamente las condiciones específicas de trabajo y ajustes de la máquina serán anotados.

Al entrar a un campo se harán vueltas de abertura a velocidad reducida y allí se efectuará la regulación de la máquina. Estas operaciones no se incluirán en el registro del tiempo y solo se iniciará el registro del tiempo cuando el encargado de la prueba esté satisfecho que la máquina está operando satisfactoriamente, y terminará cuando se haya completado el campo.

La velocidad de avance promedio será calculada para cada campo usando el área, el ancho de corte y el tiempo neto (ya determinado).

20.3.6.3.1 Estimación del rendimiento del cultivo

A una señal del observador que registra el tiempo el ensacador empezará a llenar un saco nuevo y al mismo tiempo el observador empezará a seguir la máquina con una rueda que mide la distancia. Ese saco particular será etiquetado y marcado, y cada saco subsiguiente será etiquetado hasta que se de una vuelta completa al campo. El observador registrará luego la distancia recorrida y pesará el grano colectado. Este proceso será repetido en 3 ó 4 ocasiones durante la cosecha del campo.

En el caso de combinadas con estanque para grano, un observador viajará en el estanque y ensacará el grano durante las vueltas de muestreo por el campo.

20.3.6.3.2 Procedimiento para calificar la combinada

Puede usarse el procedimiento siguiente para determinar la tasa de trabajo, la cual puede ser comparada directamente con un número similar de otras máquinas.

Es importante que se sigan las recomendaciones del fabricante para obtener la regulación óptima para cada campo.

Una vez ajustada la combinada, se cosechará un número de parcelas de 50 m² de la manera descrita en el párrafo 20.3.6.2.4, "Estimación de las Pérdidas de Granos" con cada ensayo hecho a velocidad diferente.

El ensayo más lento se hará a una velocidad levemente inferior a la óptima, y los ensayos siguientes a velocidades aumentadas en rangos de 0.5 km/h (u otro intervalo conveniente) hasta llegar a algún factor limitante, v.g. bloqueo del cilindro o pérdidas excesivas, indicando que se ha pasado la velocidad óptima. (En el caso de una máquina accionada por ETF el rango de velocidad que puede usarse será estrictamente limitado y en este caso el Ingeniero de Prueba adaptará esta parte de la prueba según su criterio).

Durante cada ensayo se registrarán los puntos siguientes:

1. Peso de la paja y cascarilla (capacidad total).
2. Tiempo para completar las parcelas.
3. Area de la parcela.
4. Capacidad de grano-peso (el grano puede ser colectado en la misma parcela, o si es más conveniente, cuando la combinada pasa la próxima vez la parcela que representa 50 m², v.g. distancia "l" Fig 20.2). Debe tenerse cuidado de evitar errores debido al grano retenido detrás de la puerta del tubo ensacador.
5. Se sacará una muestra de grano para analizar:
   contenido de humedad,
   contenido de basura,
   grano dañado.
6. Pérdidas de grano incluyendo la barra segadora y pre-corte (se sugieren 3 determinaciones por parcela para la barra segadora).
7. Altura del cultivo en pie y del rastrojo.
8. Condición del cultivo y del tiempo.
9. La naturaleza exacta del factor limitante cuando ocurra.

De esta información se obtendrá una curva (Fig 4.46) - capacidad de paja (kg/ha) contra pérdidas totales de trilla (kg/ha). Con esta base se podrá comparar las máquinas en términos de capacidad de paja para algunas pérdidas de trillado elegidas arbitrariamente (v.g. 100 kg/ha).

Se recomienda repeticiones de este trabajo si el tiempo lo permite.

20.3.6.4 Requerimiento de Potencia

En muchos casos, es útil establecer el requerimiento de potencia de la máquina cuando trabaje en varios cultivos y condiciones.

20.3.6.4.1 Máquinas Autopropulsadas

Cuando la combinada tiene motor propio, se deben hacer pruebas como se explicó en la Sección 4.3 para establecer la potencia del motor en relación al consumo de combustible o temperatura de los gases de escape. Estos resultados pueden usarse para estimar el requerimiento de potencia de la máquina durante las pruebas en el campo.

20.3.6.4.2 Máquinas de Arrastre

Para máquinas de arrastre se mide la fuerza de arrastre a varias velocidades y condiciones de terreno y del cultivo. Se insertará un dinamómetro entre la barra de tiro del tractor y la máquina. Se deben tomar lecturas en direcciones opuestas del campo y eliminar cualquier influencia de la pendiente.

Se informará la tracción promedio.

20.3.6.4.3 Máquinas accionadas por el ETF

Si es posible, se debe colocar el dinamómetro en la línea de la toma de fuerza para medir el torque y la velocidad. Estas mediciones deben coincidir con las mediciones en la barra de tiro.

20.3.6.5 Consumo de Combustible

Cuando se mide el consumo de combustible como parte de la medición de potencia en la Sección 20.3.6.4, debe instalarse un medidor comercial en la línea de combustible entre el estanque y el motor.

Para pruebas de mayor duración, se usará un estanque auxiliar que pueda conectarse al sistema de combustible de la combinada. El estanque debe estar conectado de tal manera que pueda sacarse y pesarlo al principio y al final del período de tiempo registrado y cada vez que sea rellenado.

Si el empleo de un estanque auxiliar no es práctico, se puede medir el consumo de combustible llenando completamente el estanque al inicio y término de cada período de tiempo registrado y pesando la cantidad de combustible añadido.

20.3.6.6 Observaciones

Las listas siguientes están diseñadas para complementar los registros hechos durante las pruebas para proveer más información sobre las características de la máquina.

Se incluyen los temas como guía y las observaciones reales informadas serán responsabilidad del Ingeniero de Prueba.

20.3.6.6.1 Comportamiento de la máquina

(En general las características de comportamiento más importantes se relacionarán con la habilidad de la máquina para trabajar bajo condiciones que son difíciles en uno o más sentidos).

Limpieza de recolección
Ocurrencia de bloqueos.
Si hay bloqueos del tambor, etc - facilidad de limpieza.
Vaciado del grano húmedo de la tolva.
Adecuación de la potencia del motor y del regulador.
Pérdidas anormales o fugas de grano en terreno con pendiente.
Estabilidad y facilidad de control.
Adecuación del motor y filtros del aire de enfriamiento.
Velocidad de respuesta (mesa de corte o cabezal, etc).
Cualquier aspecto de la construcción que limite el comportamiento tales como "cuellos de botella" y falta de ajuste.

20.3.6.6.2 Condiciones y comodidad para el operador(es)

Facilidad de acceso a la posición de conducción.
Accesibilidad y facilidad de operación de los controles desde el asiento del conductor; v.g. volante, palanca de cambios, control de velocidad de avance, control de la mesa de corte, cabezal y molinete, ajuste de la velocidad del cilindro, frenos.
Adecuación y visibilidad de los instrumentos.
Visibilidad de la barra de corte y divisores, circuitos de granos, contenido de la tolva de grano tanto de día como de noche con luz artificial de la máquina.
Adecuación de la luz para el camino.
Comodidad del asiento, vibración, sombra, calor del escape, polvo, cabina.

20.3.6.6.3 Facilidad de ajuste y mantenimiento rutinario

Los observaciones bajo esta sección no deben hacerse hasta que los operadores se hayan familiarizado con el trabajo involucrado.

Ajustes, v.g. velocidad del cilindro/abertura del cóncavo, verificación y cambio de velocidad del molinete, cambio de cribas, velocidad y abertura de ventilador, desaristador.
Cambio de posición de transporte a posición de trabajo.
Dificultades causadas por la superestructura al pasar bajo puentes o puertas, por ejemplo.

Limpieza de la combinada.
Limpieza de los circuitos de grano, por ejemplo al trabajar con semillas.
Limpieza de la trampa para piedras.
Limpieza de los filtros de aire.
Llenado de combustible (incluyendo el período de trabajo posible con un estanque lleno).
Tiempo requerido para engrasar y accesibilidad y número de puntos a engrasar.
Número de los diferentes aceites usados.
Accesibilidad del motor para mantenimiento rutinario, niveles, rellenado de aceite y agua y hoyos de drenado, ajuste de la tensión de las correas.
Accesibilidad del cilindro hidráulico maestro y reservorio.
Acople de accesorios, v.g. dedos para levantar cultivos.
Adecuación del manual del instrucciones.

20.3.6.6.4 Requerimiento de mano de obra

El requerimiento de mano de obra puede subdividirse en 2 categorías principales:

(i) para la máquina en trabajo, se mide en hectáreas por hombre hora, etc. y requiere solo que el observador anote el número de hombres empleados en la máquina, y
(ii) para la máquina fuera de trabajo, requiere registrar el Nº de hombres involucrados en todo el mantenimiento y ajustes, y además, cuando ocurre fuera del período de tiempo registrado, el tiempo para cada operación. El observador también anotará la destreza y esfuerzo requeridos para ejecutar estas operaciones.

20.3.6.6.5 Reparaciones y modificaciones

Cualquier reparación o modificación necesaria en el transcurso de las pruebas serán registradas junto con las recomendaciones para cambios en el diseño o fabricación.

20.3.6.7 Pruebas de Rendimiento en Pendientes

Estas pruebas se realizarán para investigar la influencia de las pendientes sobre las pérdidas de grano y características de manejo.

Se realizarán pruebas en pendientes de hasta 20% (1 en 5, o 11°), sin embargo, se pueden incluir pendientes más pronunciadas si el encargado de la prueba lo considera necesario.

La prueba se realiza después de investigaciones preliminares para determinar si la máquina es suficientemente segura desde el punto de vista de estabilidad, frenos, etc. El trabajo se ejecutará en uno o más cultivos de cereales seleccionados por la estación; uno de los cultivos elegidos será el que esté en buenas condiciones para la cosecha. Cuatro posiciones de la máquinas serán examinadas en el mismo cultivo:

1. Máquina inclinada a la derecha
2. Máquina inclinada a la izquierda
3. Trabajando hacia abajo
4. Trabajando hacia arriba

Primero se examinarán brevemente las características de manejo en las 4 posiciones y se anotará cualquier fuga de grano desde el cuerpo de la máquina. Para muchas máquinas será posible confinar las mediciones de pérdida detalladas a 2 de las posiciones, después del trabajo preliminar.

Las pruebas 1 y 2 deben hacerse en conjunto, igual que las pruebas 3 y 4.

Obviamente, no se puede ejecutar todas las pruebas sobre un rango amplio de velocidades pero deben hacerse cerca de las velocidades "óptimas" (capacidad máxima consistente con niveles aceptables de pérdida de grano) para áreas planas del campo.

Para asegurar que los circuitos de la combinada estén llenos a equilibrio antes de entrar a la prueba (largo), el campo debe tener un largo tal que se pueda cargar la máquina bajo las mismas condiciones de pendiente y posición bajo prueba. En todos los otros aspectos las pruebas serán similares a aquellas descritas en el procedimiento para terreno plano.

Adicionalmente, se harán pruebas en terrenos ondulados.

Por lo general no es conveniente hacer pruebas completas de pérdida de grano en terreno ondulado, pero los resultados de observaciones visuales deben ser incluidos cuando sea posible.

20.4 Informe

20.4.1 Diagrama/Fotografía

Debe proveerse un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de construcción y configuración de la máquina.

20.4.2 Breve Descripción

Se entregará una breve descripción incluyendo la unidad de potencia y transmisión, barra de corte, cabezal y alimentador del cilindro, mecanismos de trilla y separación y manejo del grano. Se incluirán los métodos de transporte y aspectos de seguridad.

20.4.3 Especificaciones

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:
Año de fabricación:

20.4.3.1 Dimensiones generales

Ancho total - en trabajo	m
- en transporte	m
Largo total - sin divisores	m
- con divisores	m
Altura total:	m
Luz mínima sobre el suelo	mm

20.4.3.2 Peso (incluyendo estanque de combustible lleno, pero sin operador)

Total	kg
- sobre rueda izquierda (de tracción en autopropulsadas)	kg
- sobre rueda derecha (de tracción en autopropulsadas)	kg
- sobre ruedas direccionales (máquinas autopropulsadas)	kg
- sobre la barra de tiro (máquina de arrastre)	kg

20.4.3.3 Fuente de Potencia

Fabricante	
Modelo	
Velocidad de régimen	rev/min
Potencia (nominal según fabricante)	kW

20.4.3.4 Rango de velocidades (automotrices)

Primera	km/h
Segunda	km/h
Tercera	km/h
Reversa	km/h

20.4.3.5 Ruedas

Frontales - ancho de trocha, centro a centro	mm
- tamaño de neumático	
Traseras - ancho de trocha, centro a centro	mm
- tamaño del neumático	
Distancia entre ejes	m
Frenos (tipos)	

20.4.3.6 Molinete

Tipo	
Nº de barras con dientes	
Diámetro	mm
Rango de velocidades	rev/min
Rango de ajuste - adelante y atrás	mm
- vertical	mm
Distancia máxima sobre la cuchilla	mm

20.4.3.7 Mesa de Corte (Fig 20.4)

Figura 20.4 Barra de corte
Fuente: OECD, 1967

Distancia entre la barra de corte y el extremo delantero del cilindro del sinfín alimentador	mm
Ancho efectivo de la barra de corte (t)	m
Ancho de trabajo (T)	m
Espacio entre los dedos (f)	mm
Carrera de la cuchilla (amplitud)	mm
Ciclos por minuto	
Rango de alturas de corte	mm

20.4.3.8 Cabezal Maicero

Espacio entre hileras	mm
Rango de alturas de corte	mm
Velocidad del recolector	mm/min

20.4.3.9 Conjunto del Cilindro (Fig 20.5)

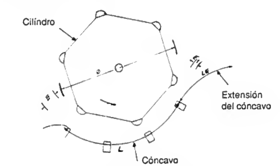


Figura 20.5 Cilindro y cóncavo
Fuente: OECD, 1967

Cilindro	- ancho	mm
	- diámetro (incluyendo las barras) ϕ	mm
	- rango de velocidad	rev/min
	- Nº de barras	
Cóncavo	- rango de luz	
	- (E)	mm
	- (E_1)	mm
	- Nº de barras	
	- Area	mm²
	- Area de la extensión	mm²

20.4.3.10 Mecanismo de separación

Sacapajas (Fig 20.6)

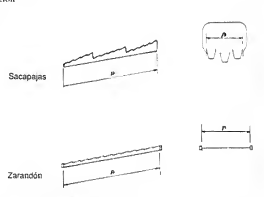


Figura 20.6 Sacapajas/estructura
Fuente: OECD, 1967

Nº de sacapajas (o estructura)	
largo y ancho de un sacapajas	mm
área del sacapajas(s)	mm²
oscilaciones por minuto	
levantamiento y tiraje	mm
tipo de extensión	

Cribas de limpieza (Fig 20.7)

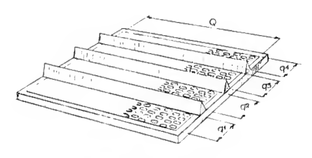


Figura 20.7 Criba (harnero)
Fuente: OECD, 1967

área de la criba(s) superior	mm^2
tamaños de las cribas superiores	mm
área adicional de la extensión	mm^2
área de la criba(s) inferior	mm^2
tamaños de la criba inferior	mm
oscilaciones por minuto	

20.4.3.11 Tolva para Grano

Capacidad	m^3
Alcance horizontal del sinfín de descarga	m
Luz debajo de la salida de grano	m

20.4.3.12 Accesorios provistos con la máquina bajo prueba

20.4.4 Condiciones de la Prueba

Fecha				Unidades		
Campo Nº						
Prueba No					1	2
Condiciones atmosféricas	Temperatura					
	Humedad Relativa			%		
Condiciones de campo	Pendiente si es > 3%			%		
	Estado del terreno					
Condiciones del cultivo	Nombre y variedad					
	Apariencia (parado; doblado; tendido en el suelo)					
	Tipos de malezas					
	Población de maleza (ralo; normal; densa)					
	Largo de la paja desde el suelo (incluye las espigas)			mm		
	Contenido de humedad de la paja trillada (base húmeda)			%		
Ajustes	Luz entre cilindro y cóncavo; frontal/trasero			mm		
	Velocidad del cilindro			rev/min		
	Primera limpieza	Criba superior	Tipo			
			Tamaño de los orificies	mm		
			Largo de la extensión	mm		
			Distancia perpendicular entre labios (solo cribas ajustables)	mm		
		Criba inferior	Tipo			
			Tamaño de los orifices φ	mm		
		Ventilador	Velocidad	rev/min		
			Ubicación de compuertas y deflectores			
	Segunda limpieza (si hay)	Posición de la salida de retornos				
		Primer harnero	Tamaño de los orifices φ	mm		
		Secundo harnero	Tamaño de los orifices φ	mm		

20.4.5 Resultados de las Pruebas

20.4.5.1 Calidad del Trabajo

Campo No.			Unidades				
Prueba No.				1	2	3	4
Velocidad de avance			km/h				
Largo del rastrojo			cm				
Capacidad por* unidad de área	Grano		kg/ha				
	Paja		kg/ha				
Capacidad por hora	Grano		kg/h				
	Paja		kg/h				
Relación paja/grano							
Proporción de grano en la salida principal*			%				
Composición de la mezcla	Grano entero		%				
	Grano dañado		%				
	Impurezas		%				
Contenido de humedad de la mezcla (base húmeda)			%				
Pérdidas de grano	Pérdidas del cilindro		%				
	Pérdidas de granos sueltos	Sacapajas	%				
		Cribas	%				
		Total	%				
	Pérdidas totales		%				
	Pérdidas totales por unidad de área		kg/ha				
Ancho de la hilera de paja			m				

* Solo máquinas con limpieza secundaria

20.4.5.2 Curva de Rendimiento

Se mostrará gráficamente la relación entre capacidad de paja y cascarilla y la pérdida de grano, presentando la pérdida de grano como una función de la capacidad de paja y cascarilla. Los puntos individuales resultantes de cada prueba se mostrarán en el gráfico junto a cualquier curva que se le pueda ajustar (ver Fig 4.46)

20.4.5.3 Consumo de Combustible

Campo	Prueba No.	Cultivo	Consumo de combustible	
			Litros/h	Litros/ha

20.4.5.4 Requerimiento de Potencia

Campo	Prueba No.	Condiciones de operación	Consumo de potencia kW

20.4.5.5 Observaciones

20.4.5.5.1 Comportamiento de la Máquina

20.4.5.5.2 Condiciones y Comodidad para los Operadores

20.4.5.5.3 Facilidad de Ajuste y Mantenimiento Rutinario

20.4.5.5.4 Requerimiento de Mano de Obra

20.4.5.5.5 Reparaciones y Ajustes Durante las Pruebas

20.4.5.5.6 Comportamiento en Pendientes

Pérdidas en terreno inclinado.

Pendiente promedio, %	Velocidad, km/h	Capacidad neta, t/ha		Pérdidas de grano, kg/ha			
		Paja	Grano	Cilindro	Sacapajas	Cribas	Total

21 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE CARRETAS DE TRACCION ANIMAL

CONTENIDOS

21 PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DE CARRETAS DE TRACCION ANIMAL

21.1 Alcance

Este procedimiento es aplicable a la evaluación de varios tipos de carretas de tracción animal. Incluye explicaciones de las definiciones, terminología y procedimientos generales de prueba y prescribe los ítemes que serán medidos y examinados para evaluar el rendimiento, capacidad de trabajo y uso en diferentes condiciones. Se incluyen procedimientos para:

- evaluación de la tracción y coeficiente de resistencia al rodado sobre una pista de pruebas estándar
- calidad de la construcción y firmeza del vehículo
- pruebas de campo en condiciones de la granja incluyendo: capacidad en pendientes, manejo, y comportamiento en terreno blando.

Será responsabilidad del Ingeniero de Prueba decidir cuales mediciones registrar para juzgar mejor el comportamiento e idoneidad de la carreta.

21.2 Definiciones

21.2.1 Ejemplos de tipos de carretas

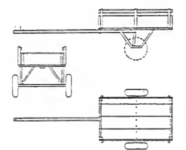


Figura 21.1 Carreta con neumáticos para un par de animales
Fuente: Starkey, 1989

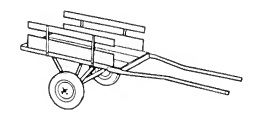


Figura 21.2 Carreta con varales dobles para un animal (Apicoma, Ouagadougou, Burkina Faso)
Fuente: Carruthers y Rodríguez, 1992

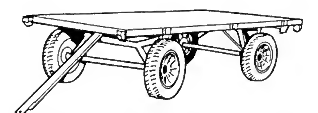


Figura 21.3 Carreta de cuatro ruedas (Coloso, S.A. Santiago, Chile)
Fuente: Carruthers y Rodríguez, 1992

21.2.2 Masa sin carga

Es la masa de la carreta vacía, sin carga, operador o animal(es).

21.2.3 Masa cargada, peso y carga nominal

Es la masa de la carreta con el material cargado incluyendo una masa de 75 kg para el operador pero sin la masa del animal(es). El peso cargado es el peso correspondiente a la masa cargada.

La carga nominal es la carga máxima recomendada por el fabricante para la carreta.

21.2.4 Fuerza de tracción

Es la fuerza que resiste el movimiento cuando la carreta es movida hacia adelante a una velocidad estable. Es horizontal en una superficie nivelada y paralela a la superficie cuando hay pendiente.

21.2.5 Fuerza de tiro

Es la fuerza total ejercida sobre la carreta por los animales de tracción, especificada por su magnitud y por el ángulo que forma la línea de tiro con la superficie del suelo.

La fuerza de tiro es una combinación (resultante) de la fuerza necesaria para vencer la fuerza de tracción de la carreta y la fuerza vertical proporcionada por los animales para soportar la viga y pértigas de la carreta. Dado que la fuerza vertical es afectada por la magnitud y distribución de la carga en la carreta, la magnitud y ángulo de la fuerza de tiro variará en consecuencia. El ángulo de tiro no corresponde necesariamente con el ángulo de las pértigas del carro, aunque puede aproximarse bastante si se carga cuidadosamente la carreta para reducir el peso soportado por los animales a cerca de cero.

El método preferido para medir la fuerza de tracción es con un tractor y un carrito de arrastre (como el descrito en la Sección 4.6.10); si ellos no están disponibles se puede medir una aproximación de la fuerza de tracción insertando un dinamómetro en la línea de tiro usando una barra telescópica (Sección 2.2.3).

La tracción puede calcularse como sigue (Fig 21.4):

Encontrar θ de: $\text{sen}\ \theta = (H-h) \div L$

Luego: Fuerza de tracción = Fuerza de tiro x $\cos\theta$

H	altura del yugo en trabajo (m)
h	altura del eje en trabajo (m)
L	distancia eje-punto de enganche (m)
F_p	fuerza de tiro (N)
F_d	fuerza de tracción (N)
θ	ángulo de tracción (°)

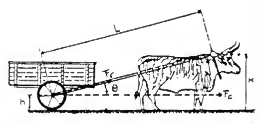


Figura 21.4 Cálculo de la fuerza de tracción (componente horizontal) de la fuerza de tiro medida. Fuente: Zambian Bureau of Standards, 1990(b)

21.2.6 Resistencia al rodado

Es la fuerza que resiste el movimiento de las ruedas sobre una pista o superficie del terreno. Es una función del "coeficiente de resistencia al rodado" de las ruedas y de la carga llevada por ellas.

21.2.7 Coeficiente de resistencia al rodadn

Está definido como la resistencia al rodado total dividida por la carga que soportan las ruedas. Su valor es una función compleja de la fricción de los rodamientos, tipn y dimensinnes de la rueda, tipo y condición del suelo. Normalmente se determina en forma experimental.

21.2.8 Máxima fuerza de tracción

Está limitada por la capacidad de tiro del animal(es) (aproximadamente 10% del peso corporal para trabajo continuo). La carga a la cual ocurre la tracción máxima depende de la resistencia al rodado de las ruedas, la cual es función de las condiciones del suelo.

21.3 Procedimiento de Prueba

21.3.1 Aspectos preliminares

21.3.1.1 Carreta a Probar

Antes de cualquier prueba, el fabricante proporcionará la carreta completa y en condiciones de trabajo junto con las especificaciones de la construcción y materiales y capacidades de cargas recomendadas. En el informe se entregarán las especificaciones completas.

Los detalles de especificaciones dadas por el fabricante serán verificados y confirmados. Los ítemes a examinar incluyen:

a) Construcción general
b) Masa y capacidad de carga
c) Dimensiones
d) Detalles de los componentes
c) Detalles de los acoples al animal(es)

Otros ítemes serán listados en el formulario para las especificaciones.

21.3.1.2 Animales de tracción

Los animales y sus operadores deben estar entrenados para usar el tipo de carreta bajo prueba. El animal(es) debe estar saludable y en buena condición.

El número de animales requeridos dependerá del diseño de la carreta bajo prueba. Se incluirá en el informe detalles del tipo, tamaño y peso de los animales usados para las pruebas. Si no es posible pesar los animales directamente, será necesario estimar el peso corporal (ver Sección 4.5).

21.3.1.3 Yugos

El tipo de acoplamiento de tiro debe ser acordado entre el fabricante de la carreta y el Ingeniero de Prueba y en el informe se presentarán los detalles.

21.3.1.4 Neumáticos

Cuando las carretas usan neumáticos, la presión de inflado debe ser consistente con el peso sobre el eje a carga nominal máxima y las recomendaciones del fabricante de neumáticos.

21.3.2 Procedimiento de prueba para establecer el coeficiente de resistencia al rodado sobre una superficie dura.

La pista usada para las pruebas debe estar nivelada y tener una superficie pareja dura, limpia y seca de concreto, asfalto o tierra compactada. El largo de la pista deberá ser suficiente para que las condiciones de prueba se estabilicen antes de tomar mediciones.

La carreta será tirada por un tractor a una velocidad de 1m/s (± 15%) usando el carrito de arrastre con instrumentos para medir la componente horizontal del tiro aplicado a la carreta, v.g. la fuerza de tracción. Si no está disponible el carrito de arrastre la fuerza de tracción se medirá como se describió en la Sección 21.2.5.

Se harán pruebas con cargas que corresponden a 50%, 75% y 100% la carga nominal del fabricante. Se harán 3 repeticiones con cada carga para establecer consistencia de los resultados.

Los resultados son tabulados y graficados como tracción contra peso para determinar el coeficiente de resistencia al rodado global. El coeficiente será igual a la pendiente de la curva, v.g. tracción, kN ÷ peso cargado, kN.

Si se alcanza la tracción máxima disponible de los animales antes que la carga nominal del fabricante sea aplicada a la carreta, la carga inferior se convierte en la capacidad nominal de los animales usados y para las pruebas siguientes.

Esta prueba puede repetirse sobre pistas con diferentes condiciones superficiales.

Todas las reparaciones y ajustes hechos durante las pruebas serán incluidos en el informe junto con comentarios sobre el comportamiento.

21.3.3 Procedimiento de prueba para pruebas firmeza/impacto

Se construirá una pista especial como muestra la Fig 21.5 con obstáculos de 20 cm de altura ubicados en la pista al ancho de trocha de la carreta en prueba.

Se arreglará la pista para que, al iniciar la prueba ambas ruedas de la carreta caigan simultáneamente de los obstáculos de largo suficiente para alcanzar la velocidad de avance normal. Los próximos dos obstáculos serán montados por cada rueda en forma alternada y al final de la prueba los obstáculos serán montados por ambas ruedas simultáneamente.

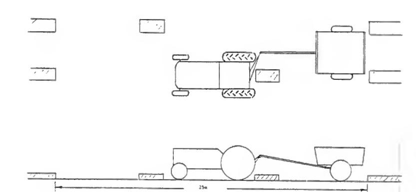


Figura 21.5 Arreglo de la pista para la prueba firmeza/impacto

Para evitar un esfuerzo excesivo o daño a los animales, se puede enganchar la carreta a una unidad motorizada con el tiro desplazado ubicado a la altura nominal del yugo o arnés (Fig 21.5).

Cuando la carreta tiene neumáticos su presión de inflado debe ajustarse a aquella correspondiente al peso sobre el eje cuando tenga carga completa de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de neumáticos.

La carreta será cargada a 50%, 75% y 100% de la carga máxima recomendada, distribuida uniformemente. Será luego conectada a la unidad de arrastre y recorrerá la pista a una velocidad de 1m/s (± 15%) por 30 minutos o hasta que falle.

La carreta será examinada antes y después de cada prueba para establecer si los componentes han sufrido daño y en el informe se entregarán todos los detalles de los ajustes y observaciones.

21.3.4 Pruebas de transporte de carga

Se harán pruebas con una duración de 3 h sobre un circuito de superficie dura de alrededor de 1 km que incorpore una pendiente longitudinal de aproximadamente 12.5% (7°) por un mínimo de 25m, que será tomada en ambas direcciones, y una pendiente cruzada de al menos 12,5% por un mínimo de 50 m. La carreta será cargada uniformemente a la carga nominal máxima del fabricante.

Además se conducirán pruebas de naturaleza similar en una combinación de superficies típicas del área, tales como carretera, pista y campo.

Durante estas pruebas se harán las siguientes mediciones y observaciones:

a) Velocidad promedio.
b) Fallas, reparaciones y ajustes.
c) Estabilidad y controlabilidad de la carreta.
d) Comodidad para los animales (ver Sección 8, Apéndice 8A).
e) Comodidad para el operador.
f) Seguridad.

21.3.5 Ensayos en granjas

Una serie más larga de ensayos se realizará en granjas para evaluar la carreta en las condiciones típicas de trabajo.

Durante estos ensayos se registrará lo siguiente:

a) Tipo y condición del camino, pista o terreno.
b) Tipo de animales usados.
c) Nº de días en uso.
d) Distancias cubiertas.
e) Cargas transportadas y su peso.
f) Averías y tiempo perdido en reparaciones.
g) Comentarios de los usuarios.

21.4 Informe de Prueba

21.4.1 Diagrama/Fotografía

Se proveerá un diagrama o fotografía mostrando los detalles principales de construcción de la carreta y los métodos de acoplamiento.

21.4.2 Especificaciones

21.4.2.1 Breve descripción de la carreta:

Marca:
Modelo:
Nº de Serie:
Nombre y dirección del fabricante:

21.4.2.2 Tipo y número de animales requeridos

21.4.2.3 Capacidad de carga recomendada por el fabricante

Masa:	kg
Volumen:	m^3

21.4.2.4 Dimensiones generales:

Largo:	cm
Ancho:	cm
Altura:	cm

21.4.2.5 Masa

Total sin carga:	kg
Sobre el enganche con la carga máxima distribuida uniformemente:	kg

21.4.2.6 Detalles de los componentes

21.4.2.6.1 Equipamiento de ruedas

a) Ruedas

i) Tipo (v.g. madera, neumáticas)
ii) Nº y tamaño
iii) Presión de inflado recomendada, si aplica

b) Rodamientos

i) Tipo
ii) Método, tipo y frecuencia de lubricación recomendada

c) Freno

i) Tipo
ii) Tamaño y detalles de construcción
iii) Método de operación

d) Ancho de trocha mm

21.4.2.6.2 Chasis y plataforma de carga

a) Detalles de los materiales, construcción y dimensiones del chasis

b) Detalles de los materiales, construcción y dimensiones de la plataforma de carga y soportes laterales

21.4.2.6.3 Arreglos de enganche

Descripción de yugos y arneses

21.4.3 Resultados de las pruebas

21.4.3.1 Pruebas en pistas

21.4.3.1.1 Animales usados para las pruebas

a) Tipo y raza
b) Masa medida de cada animal
c) Masa estimada de cada animal

21.4.3.1.2 Pista de prueba

a) Localización
b) Tipo y condición de la superficie

21.4.3.1.3 Resumen de los resultados de la prueba

a) Tabla de resultados

Fecha de las pruebas	Carga sobre la carreta, kg				
Fuerza de tracción (N)					
Velocidad de avance, m/s					

b) Curvas de rendimiento de tracción como una función de la carga sobre el carro.
c) Coeficiente de resistencia al rodado.
d) Reparaciones y ajustes, comentarios.

21.4.3.2 Prueba Firmeza/Impacto

21.4.3.2.1 Detalles de la prueba

a) Ubicación y fecha de la prueba
b) Dispositivos de remolque
c) Masa de la carreta kg
d) Masa de la carga kg
e) Masa total kg
f) Altura del yugo mm
g) Velocidad de avance promedio m/s
h) Duración de la prueba min

21.4.3.2.2 Observaciones y comentarios

21.4.3.3 Pruebas de transporte de carga

21.4.3.3.1 Animales usados para las pruebas

a) Tipo y raza
b) Masa de cada animal kg

21.4.3.3.2 Pistas de pruebas

a) Localización
b) Tipo y condiciones de las superficies

21.4.3.3.3 Resumen de los resultados de las pruebas

a) Fecha de las pruebas
b) Duración de las pruebas h
c) Velocidad promedio m/s
d) Masa de la carga kg

21.4.3.3.4 Observaciones

a) Fallas, reparaciones y ajustes
b) Estabilidad y controlabilidad
c) Retención de la carga
d) Comodidad de los animales
e) Comodidad de los operadores
f) Aspectos de seguridad

21.4.3.4 Ensayos en granjas

21.4.3.4.1 Animales usados en los ensayos

21.4.3.4.2 Localización y detalles del camino, pista y condiciones del campo

21.4.3.4.3 Resultados de los ensayos

a) Fechas y Nº de dias en uso
b) Distancias recorridas
c) Tipo y masa de la carga transportada

21.4.3.4.4 Observaciones

a) Fallas y tiempo perdido en reparaciones
b) Comentarios de los usuarios

22 REFERENCIAS

Agricultural Implements Research and Improvement Centre. 1987. **Test procedures for threshers (non-cleaning type).** Ethiopia. Institute of Agricultural Research. 9 p + Appendices.

_______. 1987. **Test procedures. Seed drills and planters.** Ethiopia, Institute of Agricultural Research. 11 p and Annexes.

_______. 1987. **Test procedures for maize shellers.** Ethiopia. Institute of Agricultural Research. 9 p + Appendices.

Agricultural Machinery Testing and Evaluation Center. Undated. **Centrifugal, mixed and axial flow pumps. Methods of test.** Los Baños, Philippines. University of the Philippines. AMTEC Standard. 17 p. (Mimeo).

_______. Undated. **Knapsack sprayer - methods of test.** Laguna, Philippines. University of the Philippines at Los Baños College. 20 p + appendices. (Unpublished).

American Society of Agricultural Engineers. 1980. **Agricultural tractor test code.** Standard No. 209.4 (SAE J708c). In: ASAE yearbook. St Joseph Michigan. pp 157-161.

Animal Draught Power Research and Development Project. 1990. **Final test report of the Lenco ox-drawn cart.** Magoye, Zambia. 11 p.

Ashburner, J.E. y Sims, B.G. 1984. **Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza.** San José, Costa Rica. IICA. p 46.

Astrand, P-O and Rodahl, K. 1970. **Textbook of work physiology.** New York. McGraw-Hill Book Co. pp 311-312.

Barger, E.L., Liljedahl, J.B., Carleton, W.M., McKibben, E.G. 1963. **Tractors and their power units.** 2ed. New York. John Wiley. pp 420-429.

Berlijn, J.D. 1978. **Maquinaria para fertilización, siembra, trasplante.** México. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. 63 p.

_______. 1978. **Maquinaria de manejo de cultivos.** México. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. 70 p.

Binswanger, Hans P. 1988. **Agricultural mechanisation; issues and options. A World Bank Policy Study.** Washington D.C. IBRD.

British Standards Institution. 1952. **Methods for the use of B.S. fine-mesh test sieves. B.S. 1796:1952.** London. BSI. 27 p.

_______. 1975. **Methods of tests for soils for civil engineering purposes. B.S. 1377:1975 Test 7.** London. B.S.I. pp 30-45.

Brown, Maxwell L. 1979. **Farm budgets; from farm income analysis to agricultural project analysis.** Baltimore and London. Johns Hopkins University Press.

Bureau of Indian Standards. 1988. **Test code for animal carts. Indian Standard IS: 12161 - 1987.** New Delhi. 10 p.

Campos Magaña, S.G. 1987. **Tecnologías postcosecha.** In: Sims, B.G. Mecanización para el pequeño productor. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. pp 263-295.

Carruthers, I. and Rodriguez, M. 1992. **Tools for agriculture.** Intermediate Technology Publications Ltd. 4th edition. 238 p.

CEEMAT. 1967. **Techniques rurales en Afrique. 14 Essais de matériel agricole à traction animale.** France. Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical. pp 35-39.

Centro Nacional de Mecanización Agrícola. 1973. **A test procedures for unit seed planters.** Chile. CENAMA. 6 p.

Commonwealth Secretariat. 1981. **Regional workshop on farm machinery testing procedures, Nakuro, Kenya.** London. Food Production and Rural Development Division. 40 p.

_______. 1982. **Second regional workshop on farm machinery testing procedures, Lilongwe, Malawi.** London. Food Production and Rural Development Division. 41 p.

Corlett, E.N. and Bishop, R.P. 1976. A technique for assessing postural discomfort. Ergonomics 19(2):175-182.

Crossley, P and Kilgour, J. 1983. **Small farm mechanization for developing countries.** Chichester. John Wiley. pp 221-224.

Culpin, C. 1982. **Farm machinery.** London. Crosby Lockwood. p 108.

Davies, J.S. 1992. **Conceptos básicos para la medición del ingreso neto del pequeño agricultor.** Comayagua, Honduras. Secretaría de Recursos Naturales, Unidad de Desarrollo y Adaptación. Mimeo.

Dibbits, H.J. 1993. **Human and draught animal power in crop production: past experiences and outstanding problems. In:** "Human and draught animal power in crop production: experiences, present status and research priorities" eds D O'Neill and G Henriksen. Proceedings of Conference, Harare, Zimbabwe. Rome. FAO. In press.

Dillon, J.l.y Hardaker,J.B. 1980. **La investigación sobre administración rural para el desarrollo del pequeño agricultor.** Roma. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 41. 261 p.

FAO. 1972. **Manual on the employment of draught animals in agriculture.** Rome. FAO by arrangement with CEEMAT. 249 p.

_______. 1990. **Agricultural engineering in development: Selection of mechanization inputs.** Rome. Agricultural services Bulletin 84. 105 p.

Grandjean, E. 1980. **Fitting the task to the man. An ergonomic approach.** London. Taylor and Francis Ltd. 379 p.

Hebblethwaite, P. 1955. **A detailed procedure of testing for combine-harvesters.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. Technical memorandum 121. 11 p.

_______ and Richardson, P. Undated. **A detailed procedure of testing for irrigation pumps.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 4 p. (Mimeo).

_______ and Hepherd, R.Q. 1961. **A detailed test procedure for combine-harvesters.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. Reprinted from supplement to the annual report 1960-61. 7 p.

_______ and Sharp, J.R. 1962. A re-thresher for use in combine-harvester testing. **J. agric. Engng Res.** 7(2):161-164.

Hepherd, R.Q. and Pascal, J.A. 1958. The transverse distribution of fertiliser by conventional types of distributor. **J. Ag. Engng Res.** 3(2):95-107.

Howson, D.F. 1986. **A guide to the field testing of animal drawn agricultural implements for tillage, planting and weeding.** Nazareth, Ethiopia. Agricultural Implements Research and Improvement Centre. Field document No.1. 34 p + annexes (Mimeografiado).

Hunt, D. 1973. **Farm power and machinery management. Laboratory manual and workbook.** Ames, Iowa. Iowa State University Press. 292 p.

IBRD. 1973. **Compounding and discounting tables for project evaluation.** Baltimore. Johns Hopkins University Press.

ILO. 1990. **Maximum weights in load lifting and carrying.** Occupational Safety and Health Series No. 59. Geneva. International Labour Office.

Indian Standards Institution. 1972. **Indian standard specification for tractor operated disc harrows.** IS: 6635-1972. New Delhi. ISI. pp 6-7.

_______. 1985. **Test code for stationary power threshers for wheat. IS:6284-1985.** New Delhi. ISI. 22 p.

Inns, F. 1985. **Intercultivation. In:** Intermediate Publications in association with GTZ/GATE. Tools for agriculture. London. pp 31-36.

_______. 1992. **Selection, testing and evaluation of agricultural hand tools and machines powered by humans.** Eleventh session of the FAO Panel of Experts on Agricultural Engineering 28-30 October. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 43 p plus annexes.

Intermediate Technology Power. Undated. **Human powered water pumping system.** Draft mimeo.

Intermediate Technology Publications Ltd. 1985. **Tools for Agriculture.** London. IT Publications - GTZ/GATE. 264 p.

International Standards Organisation. 1983. **Agricultural machinery.** ISO Standards Handbook 13. Geneva. 569 p.

International Organization for Standardization. 1973. **Centrifugal, mixed and axial flow pumps - Code for acceptance tests, class C, ISO Standard 2548-1973.** Geneva. 31 p.

_______. 1983. **Equipment for harvesting - Combine harvester component parts - equivalent terms - Trilingual edition. ISO 5702-1983. In:** ISO standards handbook 13. Agricultural machinery. Geneva. ISO. pp 424-428.

_______. 1986. **Equipment for crop protection, ISO standards 5682/1/1981.** Geneva. ISO. pp 358-371.

_______. 1986. **Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 2: Test methods for agricultural sprayers.** Geneva. ISO standard 5862/2. 5 p.

Johnson, I.M. 1985. **Testing of farm machinery for agricultural development.** Silsoe, UK. Overseas Division, National Institute of Agricultural Engineering. 6 p. (Unpublished).

Kerslake, D. McK. 1972. **The stress of hot environments.** (Monographs of the Physiological Society No. 29). Cambridge University Press. 316 p.

Manby, T.C.D. 1969. **Tractor and farm machinery testing in India.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 32 p. (Unpublished).

_______, and Matthews, J. 1973. **Development and operation of the OECD tractor test code.** Presented to the Society of Automotive Engineers National Combined Farm, Construction and Industrial Machinery and Fuels and Lubricants Meeting. Milwaukee, Wis. September 10-13. 13 p.

Matthews,J. 1977. **Review of the machinery testing programme of the College of Agricultural Engineering, Ludhiana.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 22 p + annexes.

_______. and Knight, A.A. 1971. **Ergonomics in agricultural equipment design.** Silsoe, Bedford, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 61 p.

McIntyre, D.A. 1980. **Indoor climate.** London. Applied Science Publishers Ltd. 443 p.

O'Neill, D., Hayton, S. Sims, B. 1989. **Measurement of draught animal performance. In:** Hoffman *et al.* eds "Draught animals in rural development". Proceedings of an international research symposium, Cipanas, Indonesia, 3-7 July 1989. pp 264-271.

Organisation for Economic Cooperation and Development. 1967. **O.E.C.D. standard testing procedure for combine harvesters.** Paris. OECD. Report AGR/T(67)12. 24 p.

_______. 1970. **OECD standard code for the official testing of tractors.** Paris. 66 p.

_______. 1988. **OECD standard codes for the official testing of agricultural tractors.** Paris. 194 p.

Patterson, D.E. and Sharp, J.R. 1970. A new rethresher for the performance assessment of combine-harvesters. Part I: Design. **J. agric. Engng Res.** 15(1):78-85.

_______., Hebblethwaite. P., Philipson, A., Bull, K.G. 1964. **A detailed test procedure for seed drills.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 8 p.

Patrick, J.M. 1993. **Human power in crop production in developing countries physiology energetic and ergonomic aspects. In:** "Human and draught animal power in crop production: experiences, present status and research priorities" eds D O'Neill and G Henriksen. Proceedings of Conference, Harare, Zimbabwe. Rome. FAO. In press.

Perrin, R.K., D.L.Winklemann, E.R. Moscardi and J.R. Anderson. 1979. **From agronomic data to farmer recommendations. An economics training manual.** México D.F. CIMMYT.

Pheasant, S.T. 1986. **Bodyspace. Anthropometry, ergonomics and design.** London. Taylor and Francis Ltd. pp 85-120.

_______. 1991. **Ergonomics, work and health.** Basingstoke, Hants. MacMillan Academic and Professional Ltd. p 4.

Price Gittinger, J. 1972. **Economic analysis of agricultural projects.** Baltimore. Johns Hopkins University Press. 221 p.

Pullan, N.B. 1978. Condition scoring of white Fulani cattle. **Trop. Anim. Hlth Prod.** (UK). 10:118-120.

Rodahl, K. 1989. **The physiology of work.** London. Taylor and Francis Ltd. 290 p.

Regional Network for Agricultural Machinery. 1983. **RNAM test codes and procedures for farm machinery.** Los Baños, Philippines. 297p.

Russell, E.W. 1973. **Soil conditions and plant growth.** 10th edition. London. Longman. p 66.

Sims, B.G. 1973. **A test procedure for full width fertiliser distributors.** Los Andes, Chile. Centro Nacional de Mecanización Agrícola. 5 p.

_______. 1987. **Mecanización para el pequeño agricultor.** México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Insituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. pp 37-53.

_______. et Jácome Maldonado, S. 1985. Estimation du poids des bovins de trait au Mexique. **Machinisme Agricole Tropical.** (98):71-74.

_______. 1992. **Testing and field evaluation of farm machinery manufactured in developing countries.** Eleventh session of the FAO Panel of Experts on Agricultural Engineering 28-30 October. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 69 p.

Smith, D.W. and Sims, B.G. 1992. **Technical evaluation of small farm equipment.** Silsoe, UK. Silsoe Research Institute.

Starkey, P. 1989. **Harnessing and implements for animal traction.** Braunschweig, Germany. GATE/Vieweg. 245 p.

Stevens, G.N. 1982. **Equipment testing and evaluation.** Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 137 p.

Sutherland, J.A. 1979. The evaluation of lever operated knapsack and motorised knapsack sprayers. **PANS.** 25(3):332-364.

Suzuki, S. 1982. **Conjunctivitis due to cultivation work observed among Indonesian peasants.** In: Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health, 5-10 September 1982 vol 1, pp 187-192.

Thornhill, E.W. 1982. A summary of methods for testing pesticide application equipment. **Tropical Pest Management.** 28(4):335-346.

United Nations Development Program. Undated. **Rural water supply hand pumps project.** UNDP/Global Interregional Project GLO79/010, INT/81/0261. Washington, D.C. UNDP/World Bank. 124 p.

Upadhyay, R.C. and Madan, M.L. 1985. Studies on blood acid-base status and muscle metabolism in working bullocks. **Animal Production.** (UK). 40:11-16.

Vicbig, U. 1982. **Basic aspects of harnessing and the use of implements.** In: Munzinger ed. "Animal traction in Africa". Eschborn. GATE. pp 135-221.

_______. 1992. **Selection, testing and evaluation of agricultural machinery in developing countries.** Eleventh session of the FAO Panel of Experts on Agricultural Engineering 28-30 October. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 90 p.

Williams, G. 1992. **Informe final de evaluación de equipo de labranza de tracción animal.** Comayagua, Honduras. Secretaría de Recursos Naturales, Unidad de Desarrollo y Adaptación.

_______. y Sims, B.G. 1993. **Elementos de economía agrícola. Manual para investigadores y técnicos de campo con enfasis en la mecanización agrícola.** Pinar de Río, Cuba. Centro Universitario Pinar del Río. 34 p.

World Bank. 1982. **Rural water supply handpumps project. Laboratory testing, field trials and technological development.** Washington, D.C. 124 p.

Wilson, J.R. and Corlett, E.N. 1990. **Evaluation of human work. A practical ergonomics methodology.** London. Taylor and Francis Ltd. 890 p.

Zambian Bureau of Standards. 1990(a). **Test procedures for animal drawn mouldboard ploughs. Zambian Standard ZS 210:1990.** Lusaka. 46 p.

_______. 1990(b). **Guide to test procedures for ox-drawn carts. Zambian Standard ZS 211-1990.** Lusaka. 53 p.

ANEXO 1

INSTRUMENTACION Y EQUIPOS

La lista siguiente de equipo disponible para ejecutar los procedimientos de prueba discutidos en este documento, está relacionada con aquél que está disponible comercialmente. No se ha intentado incluir nombres de los fabricantes de equipos de medición ya que ellos cambian de un país a otro, pero se entregan su descripciones.

La capacidad y sofisticación del equipo requerido dependerá del tipo y tamaño de la máquina a probar y de la complejidad y estilo de la prueba. Sin embargo, es sorprendente la cantidad de equipo que puede improvisarse, una vez que surge la necesidad de él (Crossley y Kilgour, 1983).

i) Generalidades

Todo grupo de pruebas debe estar equipado con **equipo de medición básico** para uso durante el trabajo de prueba y para permitir la calibración de otros instrumentos. Este debe comprender, cintas de medición, cronómetros, cilindros para medir fluidos, balanzas de resortes y pesas estándar de varios tamaños.

ii) Medición de Potencia

Rotativo - para medir la potencia de motores y tractores existen instalaciones completas disponibles de **dinamómetro hidráulico o eléctrico** para medir torque y velocidad. Este equipo es idealmente adecuado para instalaciones de laboratorio donde se puede justificar la necesidad.

Dinamómetros móviles completos pueden usarse para probar tractores en laboratorio y en granjas y sitios de prueba. Ellos también están basados en bombas hidráulicas o generadores eléctricos. Algunos generadores pueden usarse para entregar potencia para otros usos.

Los **Wattimetros** están diseñados para medir la potencia eléctrica de entrada de motores eléctricos de una y de tres fases.

Tracción. Hay disponibles **uniones tensivas** con celdas de esfuerzo en varios tamaños para medir la tracción de tractores, máquinas o animales. Se puede proveer indicadores para lectura directa con salidas para grabadoras si se requiere. Estas unidades están protegidas para uso en el campo y son fácilmente calibradas.

A niveles más bajos de tiro, se puede usar **balanzas de resortes** que deben ser fuertemente amortiguadas.

Hidráulico. Se puede usar un **manómetro** y un **medidor de flujo** adecuado para medir la potencia hidráulica, pero hay disponibles **unidades completas para pruebas hidráulicas** que son portátiles y convenientes para usar en el laboratorio y granja.

Consumo de combustible. Para uso en laboratorio, hay disponibles **unidades de medición de volumen o masa** con controles manuales o eléctricos para tomar el tiempo. Se puede construir versiones simples usando tubos transparentes y válvulas calibradas usando cilindros graduados.

Para medir el consumo de combustible en el campo, se puede instalar en la línea de flujo **medidores mecánicos/electrónicos** para medir valores totales de flujo. Con los medidores mecánicos, se puede instalar cabezas sensoras electrónicas para conectarle **indicadores remotos o grabadoras.** Este tipo de medidor es adecuado para pruebas cortas de campo o ensayos extendidos en la granja.

Medición de campo. Hay disponible **indicadores remotos y equipo de grabación** para tomar salidas de transductores de torque y velocidad, uniones tensivas con celdas de esfuerzo y medidores de flujo. Este tipo de equipo es ideal para montaje en el vehículo cuando en las pruebas de campo la conexión de los indicadores a los tractores o máquinas es difícil.

iii) Suelos

Cuando se establecen y definen las propiedades de los suelos usados en ensayos de campo, es posible usar **métodos de estimación** para textura y contenido de humedad sin usar equipo sofisticado. Para mediciones exactas requeridas para el informe final es esencial usar **laboratorios de suelo bien equipados** que tengan las siguientes facilidades.

Textura	-	equipo para **análisis de tamaño de partículas.**
Contenido de	-	**cilindros maquineados** de varios tamaños para humedad muestras de densidad aparente y cubos, **estufas de secado**, al menos 105°C y **máquinas** exactas de **pesaje.**
Tamaños promedio	-	Conjuntos de **tamices** con varios tamaños de de terrón malla. Los instrumentos siguientes son para uso en el campo.
Dureza del suelo	-	un **penetrómetro de cono** para medir la resistencia vertical con conos de áreas estándar. El instrumento permite leer la fuerza directamente.
Resistencia	-	un **medidor de cizalle** de tipo veleta para al cizalle lectura directa de torsión con capacidad para medir un rango de texturas de suelo a varias profundidades.

iv) Labranza

Se puede fabricar localmente equipo para medir el **ancho y profundidad** de los surcos o camellones, a partir de los detalles presentados en los procedimientos de pruebas. También se puede hacer un **estructura cuadrada de 1m** para contar malezas al azar. Anexos a la estructura permitirán evaluar la rugosidad de la superficie del terreno.

v) Siembra y Plantación

La medición de la **distribución longitudinal de la semilla** durante las pruebas de laboratorio requiere una pista nivelada con la **superficie cubierta** para prevenir el rebote de las semillas. Superficies satisfactorias son arena limpia, cáscara de coco, fieltro grueso o papel engrasado o con aceite grueso.

Cuando se evalúa la distribución de la semilla por la emergencia de las plantas, se debe establecer la tasa de germinación de la semilla usada en el ensayo. Para este trabajo se requiere un laboratorio equipado para germinar semillas en condiciones controladas.

vi) Pulverizadoras

Hay disponibles **medidores de flujo y manómetros** especialmente diseñados para probar pulverizadoras de mochila y de campo en el laboratorio y en el campo.

Se puede medir la distribución de la pulverización de todos los tamaños de máquinas usando un **banco de pulverización "Paternador"** (Perfilómetro). Hay disponible versiones livianas portátiles de este diseño que comprenden una serie de ranuras (ondulaciones) que permiten que el líquido pulverizado desde una boquilla superior caiga en tubos graduados, creando así un "patrón" de pulverización.

vii) Combinadas

El trabajo de laboratorio para probar combinadas requiere el uso de **divisores de muestras** para reducir las muestras de granos al azar para mayor análisis. Existen disponibles **medidores de humedad** comerciales, pero si se requiere un resultado más exacto, se debe usar un **laboratorio** con facilidades de pesaje exactas y con estufas de secado hasta 110°C.

Para medir las pérdidas de grano en el campo, se puede construir equipo simple de madera, lona o metal para recolectar y clasificar el material que sale de la combinada.

Si se requieren resultados más exactos se requiere retrillar la salida para separar los granos. Puede usarse una **trilladora estacionaria** para este propósito pero si se requiere hacer un gran número de mediciones, es ventajoso usar una **re-trilladora móvil.**

Esta máquina es básicamente, una segunda cosechadora combinada modificada para recoger cantidades medidas de la salida de la máquinas en prueba y re-trillarla permitiendo cuantificar el grano presente en este material; Hay disponibles diseños y detalles de la construcción de varias instituciones de pruebas.

viii) Bombas

Las pruebas de bombas manuales requerirá solo equipo de medición de **volumen y tiempo.**

Las bombas motorizadas requerirán **manómetros** insertados en las tuberías para determinar la succión y carga de entrega e instrumentos para medir la entrega. Se puede insertar **flujómetros** de tamaño adecuado en la tubería de descarga o se puede usar varios tamaños de vertederos con muesca - "V" o rectangulares. Los vertederos son especialmente útiles para medir flujos en canales.

ix) Ruido

Hay disponible **medidores portátiles** comerciales para medir los niveles de ruido en dBA de motores o máquinas. Se puede añadir equipo para análisis y grabación.

x) Humo

Los **medidores** para medir el nivel de humo en el escape de los motores están diseñados primariamente para trabajo en laboratorio. En el diseño más ampliamente usado, se comparan las muestras de gases del escape con aire limpio, lo cual resulta en un número de calificación.

xi) Vibración

Hay disponibles **acelerómetros** y **equipo de grabación** para medir la vibración de los componentes de la máquina. Equipo para análisis puede también proveerse.

xii) Mediciones antropométricas

Hay disponible equipo especializado para hacer mediciones antropométricas. Puede usarse un **estadiómetro** para determinar exactamente la estatura y un **somatómetro** para medir las otras dimensiones del cuerpo. Sin embargo, se puede construir fácilmente equipo simple para medir el tamaño humano y será adecuado si se usa con cuidado. Las **balanzas de pesaje** simple personales son adecuadas para medir el **peso.**

xiii) Variables fisiológicas

Como parte de la evaluación de la carga de trabajo, hay disponible **registradores de ritmo cardíaco** que miden y graban el pulso del corazón sobre largos períodos de trabajo. Los datos del registrador son luego analizados con un computador. Otra opción (pero más cara) para medir las demandas de energía asociadas con el trabajo es el uso de un **medidor portátil de consumo de oxígeno.**

xiv) Variable climática

Si se deben considerar otras condiciones ambientales, hay disponible **registradores de datos de variables ambientales.** Pueden usarse en conjunto con medidores de **temperatura del aire, temperatura radiante** y **humedad relativa** y con un **anemómetro** para registrar la velocidad del aire.

ANEXO 2 FACTORES DE CONVERSION A UNIDADES SI

CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE CONVERSION
Largo	1 pulgada	0.0254 m
	1 pie	0.3048 m
	1 yarda	0.9144 m
	1 milla	1609.344 m
Area	1 pulgada^2	6.4516 x 10^{-4} m^2
	1 pie^2	0.092 903 m^2
	1 yarda^2	0.836 127 m^2
	1 acre	4046.86 m^2 = 0.404 686 ha
	1 milla^2	2.589 99 x 10^6 m^2 = 258.999 ha
Volúmen	1 pulgada^3	1.638 71 x 10^{-5} m^3
	1 pie^3	0.028 316 8 m^3
	1 UK galón R.U.	0.004 546 092 m^3 = 4.546 092 l
	1 US galón EE.UU.	0.003 785 41 m^3 3.785 41 l
Masa	1 libra	0.453 592 37 kg
	1 ton R.U.	1016.05 kg = 1.016 05 ton
	1 ton corta	907.185 kg = 0.907 ton
Velocidad	1 pie/s	0.3048 m/s = 1.097 28 km/h
	1 milla/h	0.447 04 m/s = 1.609 34 km/h
Fuerza	1 lbf	4.448 22 N
	1 kgf	9.806 65 N
Torque	1 lbf-pie	1.355 82 Nm
Potencia	1 hp	745.700 W
	1 hp métrico	735.499 W
Presión	1 lbf/pulg^2	6894.76 N/m^2
	1 atm est	101.325 kN/m^2
	1 bar	10^5 N/m^2
	1 pulg Hg	3386.39 N/m^2
	1 mm Hg	133.322 N/m^2
	1 pulg H_20	249.089 N/m^2
	1 mm H_20	9.806 65 N/m^2
Temperatura	1 °F	$^5/_9$ K o C

CUADERNOS TECNICOS DE LA FAO

BOLETINES DE SERVICIOS AGRICOLAS DE LA FAO

1 La planificación agrícola en las fases iniciales del desarrollo, 1969 (E F I)
2 La planificación de las medidas para el desarrollo agrícola, 1970 (E F I)
3 Karakul processing, 1989 (I)
4 Pan fabricado con harinas combinadas, 1989 (E F I*)
5 Secado al sol de frutas y hortalizas, 1969 (E F I)
6 Elaboración de la nuez del anacardo, 1969 (E F I)
7 Tecnología de la producción de la harina de semilla de algodón para uso en los alimentos proteínicos, 1974 (E F I)
8 Elaboración de la yuca, 1971 (Nueva edición, 1977, disponible (E, F, I) en la Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, N° 3)
9 Nómina mundial de las instituciones de tecnología alimentaria, 1971 (E/F/I*)
10 Tecnología de la producción de harinas comestibles y productos proteínicos del cacahuete (maní), 1971 (E F I)
11 Tecnología de la producción de harinas comestibles y productos proteínicos a partir de la soja, 1975 (E F I)
12 Guía para instructores en la organización y dirección de cursos de capacitación en ingeniería agrícola, 1972 (E F I)
12 Sup. 1. Elementos de maquinaria agrícola, Tomo 1, 1977 (E I)
12 Sup. 2. Elementos de maquinaria agrícola, Tomo 2, 1977 (E I)
13 Elaboración de zumos de fruta, 1973 (E I)
14 Aspectos ambientales relativos a la ordenación de los recursos naturales – agricultura y suelos, 1974 (E F I)
15 Manual on sericulture:
Vol. 1 – Mulberry cultivation, 1976 (F I)
Vol. 2 – Silkworm rearing, 1973 (F I)
Vol. 3 – Silk reeling, 1972 (F I)
16 El empleo de aeronaves en la agricultura, 1972. (Nueva edición, 1974, disponible (E, F, I) en la Colección FAO: Agricultura N° 2)
17 El almacenamiento hermético de los cereales, 1974 (E F I)
18 Rice testing methods and equipment, 1973 (C I)
19 Diseño y funcionamiento de almacenes frigoríficos, 1973 (E F I)
19/2 Proyecto y explotación de almacenes frigoríficos, 1985 (Ar E F I)
20 Processing of natural rubber, 1973 (I)
21 Rev. 1. Residuos agrícolas: repertorio mundial de instituciones, 1978 (E/F/I)
21 Rev. 2. Residuos agrícolas: repertorio mundial de instituciones, 1982 (E/F/I)
22 Rice milling equipment operation and maintenance, 1974 (C I)
23 Rice drying (I**)
24 Lista mundial de institutos que se ocupan de investigación textil, 1974 (E/F/I)
25 El aprovechamiento de las melazas, 1977 (E F I)
26 Tea processing, 1974 (I)
27 Some aspects of earth-moving machines as used in agriculture, 1975 (I)
28 Mechanization of irrigated crop production, 1977 (I)
29 Non-mulberry silks, 1979 (I)
30 Machinery servicing organizations, 1977 (I)
31 Rice-husk conversion to energy, 1978 (I)
32 Industrialización y aprovechamiento de la sangre animal, 1983 (C E I)
33 Residuos agrícolas: compendio de las tecnologías, 1978 (E/F/I)
33 Rev. 1. Residuos agrícolas: compendio de las tecnologías, 1982 (E/F/I)
34 Acopio y análisis de datos relativos a la administración rural, 1977 (E F I)
35 Bibliografía de residuos agrícolas, 1978 (E/F/I)
36 China: rural processing technology, 1979 (I)
37 Glosario ilustrado de máquinas para la elaboración del arroz, 1979 (Multil)
38 Pesticide application equipment and techniques, 1979 (I)
39 Elaboración de caña de azúcar en pequeña escala y aprovechamiento de los residuos, 1985 (E F I)
40 On-farm maize drying and storage in the humid tropics, 1980 (C I)
41 La investigación sobre administración rural para el desarrollo del pequeño agricultor, 1980 (C E F I)
42 China: sericulture, 1980 (I)
43 Prevención de las pérdidas de alimentos en los cultivos perecederos, 1984 (E F I)
44 Replacement parts for agricultural machinery, 1981 (I F)
45 Agricultural mechanization in development: guidelines for strategy formulation, 1981 (F I)
46 Cultivos energéticos y cultivos alimentarios, 1981 (E F I)
47 Residuos agrícolas: bibliografía 1975-81 y encuesta cuantitativa, 1982 (E/F/I)
48 Plastic greenhouses for warm climates, 1982 (I)
49 China: grain storage structures, 1982 (I)
50 China: post-harvest grain technology, 1982 (I)
51 El intermediario comercial privado y el desarrollo rural, 1983 (E F I)
52 Aeration of grain in subtropical climates, 1982 (I)
53 La elaboración y almacenamiento de los cereales por las familias rurales, 1983 (E F I)
54 Biomass energy profiles, 1983 (F I)
55 Manejo, clasificación y utilización de la lana, 1984 (Ar E F I)
56 Rice parboiling, 1984 (F I)
57 Servicios de información comercial, 1986 (E F I)
58 Marketing improvement in the developing world, 1984 (I)
59 Técnicas tradicionales de postcosecha para la conservación de los alimentos básicos perecederos de los trópicos, 1984 (E F I)
60 The retting of jute, 1985 (I F)
61 Producer-gas technology for rural applications, 1985 (F I)
62 Standardized designs for grain stores in hot dry climates, 1985 (F I)
63 Glosario de administración rural, 1985 (E/F/I)
64 Manual on the establishment, operation and management of cereal banks, 1985 (I F)
65 Contribución de la gestión agrícola al desarrollo de sistemas de financiación en el medio rural, 1985 (E F I)
66 Construction of cribs for drying and storage of maize, 1985 (F I)
67 Hides and skins improvement in developing countries, 1985 (C F I)
68 Tropical and sub-tropical apiculture, 1986 (I)

68/2 Honeybee mites and their control – a selected annotated bibliography, 1986 (I)
68/3 Control de calidad de la miel y la cera, 1990 (E I**)
68/4 Beekeeping in Asia, 1986 (I)
68/5 Honeybee diseases and enemies in Asia: a practical guide, 1987 (I)
68/6 Beekeeping in Africa, 1990 (I)
69 Construction and operation of small solid-wall bins, 1987 (I)
70 Paddy drying manual, 1987 (I)
71 Agricultural engineering in development: guidelines for establishment of village workshops, 1988 (C F I)
72/1 Agricultural engineering in development – The organization and management of replacement parts for agricultural machinery - Vol. 1, 1988 (I)
72/2 Agricultural engineering in development - The organization and management of replacement parts for agricultural machinery - Vol. 2, 1988 (I)
73/1 Mulberry cultivation, 1988 (I)
73/2 Silkworm rearing, 1988 (I)
73/3 Silkworm egg production, 1989 (I)
73/4 Silkworm diseases, 1991 (I)
74 Avances en la ingeniería agrícola: técnicas de almacenamiento, 1990 (E F I)
75 Rural use of lignocellulosic residues, 1989 (I)
76 La comercialización de productos agrícolas – manual de consulta e instrucción para extensionistas, 1990 (E F I)
77 Economics of animal by-products utilization, 1989 (I)
78 Seguro agrícola, 1989 (E I)
79 Handbook of rural technology for the processing of animal by-products, 1989 (I)
80 Sericulture training manual, 1990 (I)
81 Elaboración de aceitunas de mesa, 1991 (E)
82 La ingeniería agraria en el desarrollo: directrices para proyectar y construir almacenes en las aldeas, 1991 (E F I)
83 Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall, 1990 (I)
84 La ingeniería agrícola en el desarrollo: la selección de insumos de mecanización, 1991 (E F I)
85 Agricultural engineering in development: guidelines for mechanization systems and machinery rehabilitation programmes, 1990 (I)
86 Estrategias para la planificación del seguro de cosechas, 1991 (E I)
87 Guide pour l'établissement, les opérations et la gestion des banques de céréales, 1991 (F)
88/1 La ingeniería agraria en el desarrollo - Forja básica: manual de formación, 1993 (E I)
88/2 La ingeniería agraria en el desarrollo - Forja intermedia: manual de formación, 1993 (E I)
88/3 Agricultural engineering in development – Advanced blacksmithing: a training manual, 1991 (I)
89 Post-harvest and processing technologies of African staple foods: a technical compendium, 1991 (I)
90 Wholesale markets – Planning and design manual, 1991 (I)
91 La ingeniería agraria en el desarrollo: directrices para reconstruir piezas y conjuntos de repuesto, 1993 (E I)
92 La ingeniería agraria en el desarrollo: programas de capacitación y educación en recursos humanos, 1992 (E F I)
93 La ingeniería agraria en el desarrollo – Manejo y tratamiento de granos poscosecha: organización y técnicas, (E F)
94 Minor oil crops: Part I – Edible oils, Part II – Non-edible oils, Part III – Essential oils, 1992 (I)
95 Biogas processes for sustainable development, 1992 (I)
96 Small-scale processing of microbial pesticides, 1992 (I)
97 Technology of production of edible flours and protein products from soybeans, 1992 (I)
98 Small-, medium- and large-scale starch processing, 1992 (I F)
99/1 La ingeniería agrícola en el desarrollo: formulación de una estrategia para la mecanización – Vol. I – Concepto y fundamentos, 1993 (E F I)
100 Glosario de términos de seguros agrícolas y financiación rural, 1994 (E I)
101 Date palm products, 1993 (I)
102 Experiencias de mercadeo de pequeños agricultores en el marco de proyectos de desarrollo rural integrado, 1992 (E)
103 La banca y el medio ambiente, 1993 (E I)
104 Agricultural engineering in development: agricultural tyres, 1993 (I)
105 Apicultura práctica en América Latina, 1993 (E)
106 Promoting private sector involvement in agricultural marketing in Africa, 1993 (F I)
107 La comercialización de alimentos en los grandes centros urbanos de América Latina, 1993 (E)
108 Plant tissue culture: an alternative for useful metabolite production, 1993 (I)
109 Grain storage techniques – Evolution and trends in developing countries, 1994 (I)
110 Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas, 1994 (E I)
111 Sistemas de distribución urbana de alimentos de bajos costos en América Latina, 1994 (S)

Disponibilidad: octubre de 1994

Ar – Arabe
C – Chino
E – Español
F – Francés
I – Inglés
P – Portugués

Multil – Multilingüe
* Agotado
** En preparación

Los cuadernos técnicos de la FAO pueden obtenerse en los puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente en la Sección de Distribución y Ventas, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

Este boletín proporciona principios, prácticas y procedimientos para la prueba de máquinas y determina asimismo los aspectos del rendimiento de las máquinas que se han de evaluar. Va dirigido a quienes están involucrados en la evaluación de maquinaria, y principalmente a los usuarios en pequeñas granjas. La evaluación de equipo agrícola es adecuada en cualquier etapa de su desarrollo, desde el primer prototipo hasta el momento de la producción en lotes y en serie. Por consiguiente, los usuarios de este boletín pueden ser los diseñadores y constructores de maquinaria; los ingenieros de prueba que producen información técnica para la toma de decisiones comparativas; y el personal enseñante y estudiantes de nivel universitario.

ISBN 92-5-303458-0 ISSN 1014-4226

9 789253 034581

M-05 T1841S/1/10 94/800